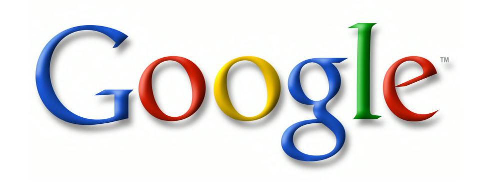


F-28

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

BULLETIN DES SERVICES
DE LA
CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE
ET DES
TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES

N° 120. — Tome XVIII, 1907-1908.

LES TERRAINS PRIMAIRES DU MORVAN ET DE LA LOIRE

PAR

Albert MICHEL-LÉVY
Garde général des Eaux et Forêts, Docteur ès-sciences,
Collaborateur adjoint du Service de la Carte géologique de France,
Préparateur au Collège de France.

Avec 51 figures dans le texte et 7 Planches.

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
Successeur de BAUDRY & Cie
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MÊME MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE
1908

Le Bulletin de la Carte Géologique de la France paraît par fascicules contenant chacun un mémoire complet, dont la réunion forme chaque année un beau volume grand in-8° accompagné d'un grand nombre de planches, avec de nombreuses figures intercalées dans le texte.

Prix de l'abonnement ou de l'année parue. . . . . 20 fr.

Les tomes I à XVII (Bulletins nos 1 à 118 sont complets). Le tome XVIII commence avec le bulletin n° 119.

Il a été tiré à part un certain nombre d'exemplaires de chacun des bulletins destinés à être vendus séparément aux prix suivants :

N° 1. Étude sur le massif cristallin du Mont-Pilat, sur la bordure orientale du Plateau Central, entre Vienne et Saint-Vallier, et sur la prolongation des plis synclinaux houillers de Saint-Étienne et Vienne, par Termier, avec 28 figures et 2 planches .... 3 fr. 75

N° 2. Note sur les terrains d'alluvions des environs de Lyon, par Delafond, avec 1 planche .... 1 fr. 25

N° 3. Note sur l'existence des phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude par L. Carez, avec 1 planche..... 1 fr. 25

N° 4. Note sur les roches primitives de la feuille de Brive, par L. De Launay, avec 6 figures .... 0 fr. 75

N° 5. Notes stratigraphiques sur le bassin tertiaire de Marseille, par Ch. Depéret, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, avec 6 figures .... 1 fr. 50

N° 6. Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville, et de la région comprise entre Le Buet et Sallanches (Haute-Savoie), par Gustave Maillard, avec 9 planches .... 5 fr. 25

N° 7. Mémoire sur les éruptions diabasiques siluriennes du Menez-Hom (Finistère), par Charles Barrois, avec 23 figures et 1 planche .... 4 fr. »

N° 8. Relations entre les sables de l'Eocène inférieur dans le Nord de la France et dans le bassin de Paris, par J. Gosselet, avec 7 figures .... 0 fr. 75

N° 9. Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc, par Michel Lévy, avec 4 planches en photogravure, 1 planche de coupe et des figures... 2 fr. 50

N° 10. Note sur la stratigraphie du Plateau Central entre Tulle et Saint-Céré, par Mouret, avec 1 planche de coupes et 1 carte géologique .... 2 fr. 75

N° 11. I. Contribution à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de l'Ariège (feuille de Foix). — II. Sur les enclaves acides des roches volcaniques de l'Auvergne, par A. Lacroix, avec 12 figures .... 3 fr. »

N° 12. I. Nouvelle subdivision dans les terrains bressans. — II. Bassin de Blanzy et du Creusot, par Delafond, avec 16 figures 1 fr. 50

N° 13. Les éruptions du Velay. I. Roches éruptives de Meygal. — II. Argiles métamorphosées par le phonolithe, à Saint-Pierre-Eynac, par P. Termier, avec 11 figures... 1 fr. 50

N° 14. Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris, par Gustave F. Dollfus, avec 16 figures et 1 carte 4 fr. 75

N° 15. Note sur la formation géologique du Forez et du Roannais ; par Le Verrier, avec 41 figures et 4 planches .... 4 fr. 75

N° 16. I. Note sur les sables de la vallée d'Apt, par Kilian et F. Leenhardt. — II. Note sur la découverte de l'horizon du Montaiguet à *Bulimus Hopei* dans le bassin d'Ap, par Depéret et Leenhardt. — III. Note sur le Pliocène et sur la position stratigraphique des couches à Congéries de Théziers (Gard), par Depéret, avec 10 figures et 1 planche .... 1 fr. 75

N° 17. Note sur la structure des Corbières, par Emm. de Margerie, avec 3 figures, et 1 planche .... 2 fr. 50

N° 18. I. Note sur la continuation de la chaîne de Sainte-Baume, II, III, IV et V. Notes sur quelques points de la feuille de Castellane, par Ph. Zurcher, avec 22 figures et 4 planches 3 fr. 25

N° 19. Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France, par Vasseur, avec 10 figures .... 0 fr. 75

N° 20. Etude sur la constitution géologique du Massif de la Vanoise, par Termier, avec 58 figures, une carte géologique et 9 planches .... 10 fr. »

N° 21. Les chaînes subalpines entre Gap et Digne. Contribution à l'histoire géologique des Alpes françaises, par Emile Haug, avec figures, une carte géologique et 3 planches. 10 fr. »

N° 22. Note de Michel Lévy sur les derniers travaux de G. Maillard, II, III. Note sur les diverses régions de la feuille d'Annecy, par G. Maillard, avec 45 figures...... 2 fr. 50

N° 23. I. Contribution à la géologie de l'Oise. Notice géologique de Beauvais, par H. Thomas. — II. Note sur le trias de l'Ariège et de l'Aube, par C. de Lacvivier, avec 12 figures. 1 fr. 50

N° 24. Le Massif d'Allauch, au Nord-Ouest de Marseille, par M. Bertrand, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'Ecole nationale des Mines. 1 brochure grand in-8 avec 28 figures et 2 planches .... 3 fr. 50

N° 25. Etude sur la craie supérieure. La craie des Corbières, par A. de Grossouvre, avec 5 figures .... 0 fr. 75

N° 26. Etude sur les massifs du Chablais compris entre l'Arve et la Durance (feuilles de Thonon et d'Annecy), par Aug. Jaccard, avec 44 figures .... 2 fr. 25

N° 27. I. Note sur la prolongation vers le Sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges, montagnes de Pormenaz et du Prarion. — II. Etude sur les pointements de roches cristallines qui apparaissent au milieu du Flysch du Chablais des Gets-aux-Fenils, par A. Michel Lévy, avec 7 planches et 18 figures .... 3 fr. 50

N° 28. Description géologique du Velay, par Marcellin Boule, avec 11 planches et 80 figures .... 12 fr. »

N° 29. Contact du Jura méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (Savoie), par Hollande, avec 23 figures 1 fr. 50

N° 30. Etudes sur le Plateau Central. — I. La vallée du Cher dans la région de Montluçon, par L. de Launay, avec 23 figures et 6 planches 3 fr. 50

N° 31. Note sur la distribution géographique

ERRATA

Page 9, ligne 22. *lire* : N. 160° E.

Page 22, ligne 23, *lire* : l'âge frasnien des couches ayant donné naissance aux diorites, sous l'éperon.

Page 200, ligne 36, *lire* : Frech.

Page 201, ligne 4 et 31, *lire* : L. V. Buch.

Page 217, ligne 43, *lire* : marmorisation des calcaires dévoniens et secondaires.

Page 218, ligne 1, *lire* : des strates calcaires dont la naissance.

Page 221, ligne 16, *lire* : de passage gradué aux éléments du deuxième temps. de même nature.

Page 269, ligne 36, *lire* : chaînes montagneuses paléozoïques, topographiquement dirigées N.-S., par suite de l'enfoncement tertiaire de la Loire qui les sépare.

Page 270, ligne 9, *lire* : où elle commence seulement à pouvoir être suivie avec précision.

Page 270, ligne 42, *lire* : qu'à des transgressions locales.



Le Bulletin ...
cont...
ann...
pl...

BULLETIN N° 120. — TOME XVIII (1907-1908). OCTOBRE 1908.

LES TERRAINS PRIMAIRES
DU
MORVAN ET DE LA LOIRE

PAR

Albert MICHEL-LÉVY

Garde général des Eaux et Forêts,
Collaborateur adjoint du Service de la Carte géologique de la France,
Préparateur au Collège de France.

INTRODUCTION

Le Morvan est le seul groupe de synclinaux paléozoïques du Plateau central dans lequel nous puissions affirmer l'existence du Dévonien : le Frasnien fossilifère y apparaît sous forme de récifs calcaires construits à Diou et à Gilly ; j'ai pu établir qu'il est surmonté par le Famennien fossilifère auquel succède le Dinantien également daté par ses fossiles.

On pouvait donc espérer une délimitation stratigraphique approximative des divers étages dont se compose cet ensemble et y étudier, plus fructueusement que partout ailleurs dans le Plateau central, l'action métamorphisante du granite et la répartition des nombreuses roches éruptives qui ont précédé ou suivi sa mise en place ; diorites, diabases, porphyrites amphiboliques, vraisemblablement dues à l'endomorphisme du granite, digérant des couches calcaires ; albitophyres famenniens, antérieurs au granite, et leurs tufs ; orthophyres à faciès souvent vitreux et perlitique, accompagnés de tufs orthophyriques ; microgranulites et tufs microgranulitiques, immédiatement postérieurs à la montée du granite ; lamprophyres dont les sorties s'échelonnent jusqu'à la base du Permien. Telles sont les formations éruptives variées que j'aurai à étudier.

Malheureusement, les gisements fossilifères sont rares ; le métamorphisme est intense et attaque, comme nous le verrons, presque toute la série jusqu'au Tournaisien inclusivement ; enfin la portion de terrains paléozoïques se prêtant à une étude stratigraphique, fort difficile, mais en somme abordable, se réduit à la traînée qui va de Diou au Mont-Beuvray (feuilles E.-M. au 80.000e de Charolles et d'Autun) et de Moulins-Engilbert à Bar-le-Régulier (feuille de Château-

Chinon). Encore convient-il de remarquer qu'au Nord, sur la feuille de Château-Chinon, les terrains paléozoïques ne sont plus qu'à l'état de lambeaux déchiquetés par l'envahissement du granite et par les éruptions porphyriques. Ils ne sont plus déchiffrables qu'à la lumière des faits recueillis sur la feuille d'Autun. Mais ils présentent des affleurements de Viséen tandis que les formations dinantiennes fossilifères de la feuille d'Autun s'arrêtent à des couches de passage entre le Tournaisien et le Viséen.

Le faisceau synclinal de la Loire, plus étendu et plus riche en fossiles viséens, ne m'a livré nulle-part de gisement fossilifère dévonien ou tournaisien. Mais l'étude stratigraphique et pétrographique de la série ne laisse guère de doute sur l'existence de diorites frasniennes à la base de la formation paléozoïque et au sommet du granite; de plus, l'apparition de poudingues, fortement métamorphisés par le granite et de même faciès que ceux du Mont-Beuvray, induit à penser que le Tournaisien a existé aussi dans la région. J'aurai donc à développer, à propos de la Loire, l'idée due aux leçons de mes maîtres MM. Michel-Lévy et Haug, que plus l'enfoncement géosynclinal est grand, plus la zone de métamorphisme intense s'élève dans la série; j'aurai à discuter aussi dans quelle mesure le granite a pu monter lors de sa mise en place dans des régions de grandes éruptions.

Ces différents faits m'induiront en outre à traiter de l'âge des tufs microgranulitiques (anciens tufs orthophyriques-grès anthracifères) et à les rapporter au Viséen non seulement dans la Loire, mais aussi dans le Morvan, malgré l'opinion opposée de Julien.

J'ai porté mon premier effort sur la pointe S. O. du faisceau synclinal du Morvan, poussant mes explorations jusqu'à Anost et Cussy-en-Morvan; les coupes détaillées, que j'ai relevées ensuite dans le faisceau synclinal de Blanzy-Bert et dans celui de la Loire, me serviront à titre de comparaison.

Je joins à ce travail une carte détaillée au 80.000e de la région spécialement étudiée, avec parties au 50.000e dans les districts fossilifères (pl. V), et une carte d'ensemble au 320 000e (pl. VI) relevée sur les feuilles au 80.000e du Service, en rectifiant les attributions d'âge et certains contours des lambeaux anciens que j'ai parcourus.

Cette dernière carte montre nettement les trois groupes de synclinaux et anticlinaux hercyniens dont j'ai eu à m'occuper :

1° Au Nord, le faisceau synclinal du Morvan, bordé à sa partie méridionale par le synclinal plus récent, houiller et permien, d'Autun;

2° Le faisceau synclinal Blanzy-Bert, séparé du précédent par le massif granitique de Luzy et comprenant les schistes de Saint-Léon et, vers l'Est, les environs de Montcenis et du Creusot. Ce faisceau est masqué par le remplissage houiller et permien d'un nouveau synclinal, postérieur aux premiers grands mouvements hercyniens.

3° Le faisceau synclinal de la Loire, sur les deux flancs duquel j'ai relevé de nombreuses coupes.

Il est séparé du précédent par le granite du Charollais.

J'ai été guidé dans ce travail, souvent ardu, par M. Michel-Lévy, dont on connaît l'œuvre sur le Plateau central. Je ne saurai lui exprimer assez ma profonde gratitude.

Mon éminent maître, M. Haug, professeur de géologie à la Sorbonne, m'a, sans cesse, prodigué ses conseils éclairés; il a été le premier à me montrer la portée des documents paléontologiques recueillis, notamment dans le Famennien. M. et Mme Œhlert m'ont fait le grand honneur de s'intéresser à mes travaux et de me conduire dans mes recherches paléontologiques. Je leur en suis bien reconnaissant.

MM. Lacroix et Barrois, membres de l'Institut, Bigot, professeur à l'Université de Caen, Vélain et Gentil, professeur et maître de conférences à la Sorbonne, Léon Bertrand, chargé de cours à l'Ecole Normale, m'ont donné leurs conseils éclairés.

MM. Boule, Glangeaud, Giraud, Thévenin et mon ami M. P. Lemoine m'ont réservé leur meilleur accueil.

Je prie tous ces savants d'agréer ici l'expression de ma plus vive reconnaissance.

CHAPITRE PREMIER

FAISCEAU SYNCLINAL DU MORVAN

GÉNÉRALITÉS

Avant d'entrer dans le détail des descriptions stratigraphiques locales, il me paraît utile de présenter au lecteur un exposé succinct de la succession des terrains et des roches que nous allons rencontrer.

Le substratum est composé par un granite à grands cristaux, blanc grisâtre ou rosé ; il est remplacé sur d'assez grandes surfaces par de la granulite rose et passe souvent sur la bordure de contact à un microgranite assez finement grenu ; partout il est séparé des terrains sédimentaires non modifiés par une zone de terrains métamorphisés, formés à leurs dépens et dans lesquels se rencontrent de nombreuses variétés de schistes durcis, micacés et maclifères, de quartzites micacés et tachetés, de poudingues métamorphisés, de calcaires à minéraux passant aux cornes vertes, aux diorites et diabases.

Dévonien supérieur. — On ne connaît pas dans le Morvan de terrains antérieurs au Frasnien ; il y présente des calcaires construits durs et très spathiques, à grands clivages de calcite, blancs grisâtres ou bleutés, dans lesquels les empreintes de fossiles se dégagent assez mal ; sur les surfaces usées par les eaux, apparaissent, en section, de nombreux Anthozoaires. Ce calcaire est exploité comme fondant dans l'industrie métallurgique (castine) et sert également de pierre de construction sous forme de petits moellons.

Il contient, à son sommet, des bancs dolomitiques rosés, vacuolaires et dans lesquels des moules de Brachiopodes sont recouverts par de la calcite finement cristallisée qui les déforme et les rend peu reconnaissables.

Au-dessus de ces calcaires, s'étage une puissante série de schistes gris verdâtre foncé, très psammitiques, assez fins et assez durs pour servir de pierres à rasoir ; j'y ai découvert une faune du Famennien supérieur. Ils sont peu fissiles, à cassure esquilleuse, à arêtes vives et coupantes, et se réduisent sous l'action du gel et du dégel en débris irréguliers. Leur aspect n'est pas absolument constant ; ils passent en effet par décomposition, à des schistes argileux verts pâles ou jaunâtres.

Des calcaires, en lentilles ou en bancs d'une certaine continuité, se montrent à la base ; ces calcaires sont entièrement cristallins, blancs ou jaunâtres,

quelquefois charbonneux et ne contiennent que quelques rares tiges d'encrines. J'ai été amené à les rattacher au Frasnien qui apparaît au milieu du Famennien, à la faveur de plis anticlinaux érodés.

Des coulées d'albitophyres, souvent vacuolaires, sont interstratifiées dans les schistes famenniens ; ce sont des roches d'un noir verdâtre, très dures, à petits cristaux de feldspath peu apparents ; elles sont accompagnées de tufs albitophyriques calcarifères.

Enfin, à leur partie supérieure, des dépôts arkosiens font présager une période de retrait de la mer.

Au voisinage du massif granitique se sont formés, aux dépens des lentilles calcaires dévoniennes, de puissants amas de roches amphiboliques, diorites et diabases, passant insensiblement à des porphyrites amphiboliques.

Le *Carbonifère inférieur* (Dinantien) débute par des assises arkosiennes, très riches en débris de plantes, et par une importante formation de poudingues, contenant des intercalations schisteuses et surmontée par des schistes noirs fossilifères.

Les arkoses de la base sont assez fines et très chargées de matières organiques végétales qui leur donnent une couleur noire ; elles sont riches en mica clastique, souvent chloritisé. Les débris de tiges et de racines y sont parfois si abondants que le coup de marteau y dégage une odeur fortement empyreumatique. Des psammites fins et de couleur claire sont à rattacher aux arkoses précédentes.

Les poudingues carbonifères constituent un horizon très constant et facilement reconnaissable ; ils sont très compacts, à fond noir et taches blanches ou verdâtres ; leur grande dureté les fait rechercher pour l'empierrement des routes. Les galets y sont composés principalement de quartz gras et de quartzites lustrés à cassure brillante et, plus rarement, de phtanites noirs et de porphyrites. La pâte foncée est schisteuse ou quartziteuse. A côté de ce type moyen, se rencontrent quelques types différents et moins abondants ; poudingues à galets d'arkoses et à pâte arkosienne ; poudingues à galets de porphyrites ou de tufs porphyritiques, dans lesquels la pâte arkosienne se distingue difficilement des galets ; poudingues à pâte schisteuse abondante, avec de petits galets impressionnés quartziteux, rappelant le type des poudingues à dragées. Tous ces poudingues se relient au poudingue carbonifère normal.

J'insiste sur cette formation de poudingues, car elle est nettement datée dans la région fossilifère de Saint-Seine, Avrée, et se retrouve, semblable à elle-même, à de grandes distances, dans des régions dénuées de fossiles. De plus, loin de se cacher, elle affleure le plus souvent, soit en falaises abruptes dans le fond des ravins, soit en blocs de plusieurs mètres cubes au milieu des bois ou des champs ; le sol se recouvre, à son voisinage, de galets roulés que l'on est tenté de prendre pour une formation récente et qui proviennent de l'éboulement sur les pentes du poudingue démantelé et désagrégé.

Latéralement, ces poudingues passent à des grès et à des arkoses ; ailleurs à des quartzites de couleur claire, blancs, jaunâtres ou rosés, qui couvrent souvent

de grandes étendues. Les arkoses de ce niveau affectent parfois un faciès spécial ; elles prennent une teinte violacée, au milieu de laquelle les débris feldspathiques ou les grains quartzeux, plus ou moins roulés, forment des taches blanchâtres; de là leur aspect truité caractéristique.

Les schistes fossilifères tournaisiens sont très noirs à l'état frais et en général moins fins que les schistes famenniens ; mais, comme ces derniers, ils sont psammitiques et la chloritisation de leurs micas les verdit et les fait ressembler aux schistes inférieurs. Des schistes gréseux grossiers, à quartz et mica clastiques, dans lesquels on ne trouve aucune trace de calcaire, mais qui rappellent les grauwackes, alternent avec ces schistes qui se trouvent eux-mêmes intercalés entre les différents niveaux de poudingues.

Des filons d'orthophyres percent les niveaux précédents ; ce sont des roches toujours de couleur foncée, affectant des aspects variés suivant la proportion relative des éléments de première et de deuxième consolidation qu'elles contiennent; elles sont tantôt rouges, tantôt vertes; elles apparaissent quelquefois interstratifiées dans les schistes tournaisiens et s'accompagnent de coulées obsidienniques, de tufs et de brèches orthophyriques.

Signalons dès à présent que ces roches se distinguent des albitophyres du Famennien par leur richesse en potasse.

Ainsi, le Tournaisien est essentiellement, dans le Morvan, une formation de rivage, composée de poudingues alternant avec des schistes contenant une faune néritique.

Le Viséen apparaît sous forme de calcaires, à Cussy-en-Morvan et à l'Huis Prunelle, au-dessus des poudingues les plus élevés de la série précédente, à la base des tufs dont nous allons parler et au voisinage des schistes plus ou moins anthracifères qui se mêlent à ces tufs (Ménessaire).

Alors que les terrains, précédemment énumérés, occupent des surfaces relativement limitées, les formations tuffacées du Viséen prennent au contraire, dans le Morvan, une extension considérable.

Un des résultats importants de mes recherches a consisté à définir l'origine de la formation des roches composant la Vieille Montagne, aux environs de Saint-Honoré; marquées en quartzites dévoniens sur la carte au 80.000[e] et considérées parfois comme une forme de porphyroïdes, ce sont, en réalité, des tufs et des brèches d'orthophyres plus ou moins vitreux et perlitiques, blancs, flammés de vert, se reliant par conséquent aux orthophyres du sommet du Tournaisien, comme nous le montreront les coupes de Boucharin près Savigny-Poil-Fol. Ces mêmes roches reparaissent à l'état très frais aux environs de Bar-le-Régulier et comportent partout des obsidiennes, presque conservées, à fissures perlitiques encore visibles.

Au-dessus de ces tufs, auxquels je réserverai le nom de tufs orthophyriques, se développent les tufs noirs, plus riches en mica noir orienté, et intimement reliés aux éruptions de microgranulites, desquelles il est parfois difficile de les distinguer. Je leur réserverai le nom de tufs microgranulitiques. Ils sont supérieurs aux calcaires viséens, mais ils sont souvent transgressifs sur les forma-

tions de base du Tournaisien et même sur le granite. Ils présentent parfois à leur base des poudingues à galets de microgranulites (Avrée)[1].

COUPES DÉTAILLÉES

Je suivrai dans cette description l'ordre même que je m'étais tracé en 1904, au début de mes tournées ; les plissements des terrains à étudier affectant une direction moyenne N. N. E, il était naturel de multiplier les recoupements N. O.-S. E., perpendiculaires à cette direction. Dans ces recoupements transversaux, j'ai procédé de l'Ouest à l'Est pour commencer toujours par les terrains les moins métamorphisés ; vers l'Est, on trouve, en effet, le granite de Luzy comme soubassement.

D'autre part, la région la plus méridionale de la bande paléozoïque, au Nord de la vallée de la Loire, se montrant *a priori* la moins bouleversée et la plus large, faisait espérer une meilleure récolte de documents paléontologiques que la région septentrionale, plissée. C'est donc par elle que j'ai commencé mes recherches. Etant la moins accidentée, elle s'est montrée pauvre en affleurements rocheux et en beaux arrachements et très couverte par les dépôts tertiaires et quaternaires, par les cultures et les bois ; néanmoins, elle a répondu à mon attente en me livrant de nouveaux gisements paléontologiques intéressants.

La région montageuse du Nord entre Mont, Luzy et le Mont-Beuvray, à la lumière des premières découvertes, faites aux environs de Bourbon-Lancy, devait se laisser plus aisément comprendre et fournir, à son tour, des données nouvelles, surtout pétrographiques et tectoniques.

Les emplacements des coupes ont été choisis eu égard aux conditions locales suivantes : meilleurs affleurements, réapparitions, à distance, de terrains de même faciès, accidents notoires dans les pendages, passages les plus probants des grandes lignes tectoniques, etc...

J'ajouterai à l'étude de chaque coupe une brève description de la région s'étendant plus au Sud, afin de relier entre elles les données fournies par les différentes coupes.

Les coupes de la planche VII sont représentées à l'échelle du 50.000e pour les longueurs, du 25.000e pour les hauteurs; le pays est en effet trop peu montagneux pour qu'il soit possible de conserver, pour les hauteurs, l'échelle des longueurs ; j'ai toutefois porté, sur la ligne figurative de la surface du sol, les pendages vrais, relevés sur le terrain ; les lignes fictives, limite du Dévonien et du Tournaisien et limite du Tournaisien et des tufs microgranulitiques sont ainsi seules faussées, donnant aux plissements tectoniques une amplitude double de celle qu'ils possèdent dans la réalité.

La carte au 80.000e que je joins à ce travail (pl. V) comporte une partie de la feuille d'Autun et le Nord de celle de Charolles. J'y ai figuré de manière spéciale

[1] Voir pour l'historique les chapitres IV (Paléontologie) et V (Pétrographie).

les trois espèces de tufs, dont deux sont nouvelles (tufs albitophyriques famenniens, tufs orthophyriques tournaisiens), les albitophyres dévoniens, les orthophyres tournaisiens, les calcaires et les roches amphiboliques variées, les poudingues et les grès tournaisiens, les points fossilifères, les tracés des lignes tectoniques probables, les limites apparentes du métamorphisme, etc... Les régions fossilifères famenniennes et tournaisiennes ont été l'objet de reports spéciaux au 50.000e, pour faciliter la recherche des gisements.

Coupe n° 1. — *Le long de la Loire, sur la route nationale n° 79, depuis le chemin de la Velle à Gilly et à la Bourse, sous le château de Charnay* (pl. VII)

La route qui vient de Saint-Aubin est bordée, sur la gauche, par des coteaux peu élevés (de 10 à 20 m.), garnis de bouquets de pins; ce sont des buttes sableuses, ayant l'aspect de véritables dunes; leur sable blanc, surtout quartzeux, peu feldspathique, provient des alluvions de la Loire; soulevé par les vents d'Ouest dans la large vallée où a divagué la rivière, il s'est accumulé sur les premières aspérités que forment les terrains paléozoïques de la rive orientale [115].

Lorsqu'on a traversé le ruisseau qui descend de la Vèvre et que l'on se dirige vers le S. E., on aperçoit sous les dunes sableuses, dans quelques carrières aujourd'hui délaissées, des roches quartzeuses, cariées et très rubéfiées; elles marquent le passage de filons de quartz, de l'âge des arkoses triasiques, dont les chapeaux de fer ont été anciennement exploités par le Creusot [11]. La direction de ces filons est N. 80° E.; le sable alluvial a pris, à leur voisinage, une coloration rouge.

Grès tournaisiens à plantes. — Assez brusquement, les sables cessent et font place à des grès fins, très psammitiques, composés par de la biotite blondie et du quartz, contenant de nombreuses traces de racines et de tiges; ces grès sont de couleur claire, roses, jaunâtres, comme décolorés; par leur composition minéralogique, leur structure et leurs débris végétaux, ils sont identiques à ceux que nous allons retrouver de l'autre côté des carrières de Gilly, mais alors très noirs et non entièrement débarrassés de leur matière organique. On verra plus loin les raisons qui m'ont déterminé à les placer à la base du Dinantien, plutôt qu'au sommet du Famennien.

Ils affleurent sur la gauche de la route, sur *La* de « La Brosse » (carte E. M.), et en face des premières maisons d' « Alger », à une centaine de mètres de la route (direction N. 115° E.; pendage N.-E. 5°).

Calcaire frasnien des carrières de Gilly. — La lèvre Est d'un nouveau filon de quartz, qui jalonne une faille N. N. E., est constituée par un calcaire bien visible dans les carrières de Gilly auxquelles nous arrivons maintenant; ce calcaire est le même que celui des carrières de Diou qui se trouvent en face, sur la rive gauche de la Loire, et où a été découverte la faune frasnienne.

La carrière principale de Gilly, actuellement en exploitation, a entaillé la colline sur 300 à 400 mètres de longueur, de l'Ouest à l'Est, et sur 10 à 15 mètres de hauteur; le marbre, en bancs épais, occupe la partie inférieure, avec une

direction Nord 140° à 150° Est et un plongement N. E. de 20° à 30°; il est grisâtre bleuté, très spathique dans la partie inférieure et devient jaunâtre ou rosé, dolomitique et à grains plus fins, dans la partie supérieure et vers l'extrémité orientale de la carrière ; il se montre alors rempli de moules de Brachiopodes dont les ornements sont recouverts d'une abondante recristallisation de calcite.

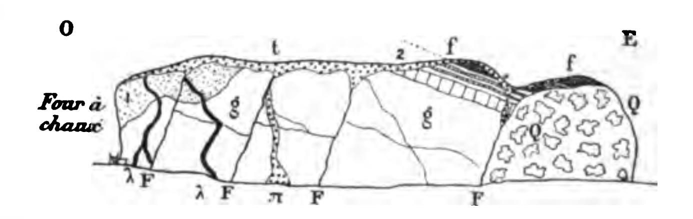


Fig. 1. — Carrière de Gilly.

t, revêtement de cailloutis ; *f*, schistes famenniens, *g*, calcaires frasniens (1. calcaire rubéfié et silicifié, 2. bancs dolomitiques), π. microgranulite, λ. porphyrite micacée. Q. filon de quartz, F. failles.

Echelle 3000e (hauteurs amplifiées 5 fois).

Au-dessus de ce calcaire et vers l'Est, vient un niveau de dolomie en petits bancs jaunes rosés de 10 à 20 centimètres (direction N. 150° E., plongement N. E. 35°) auquel succèdent quelques lits schisteux, peu visibles sous le revêtement de cailloutis, accumulés sur une épaisseur de 1 à 2 mètres au faîte de la carrière. Des poches de décalcification, où sont descendus les cailloutis superficiels, communiquent par d'étroites fissures avec des cavités profondes, vides ou également encombrées. On aurait trouvé, au dire des ouvriers carriers, des ossements fossiles dans les cailloutis.

Vers l'Est, les calcaires, dolomies et schistes supérieurs viennent butter contre un filon de quartz N. 5° E. ; son chapeau de fer a été l'objet d'une exploitation dont on retrouve aujourd'hui les traces dans une excavation du sol dirigée également N. N. E., traversée au-dessus de la carrière par la route qui monte de la Loire au hameau de « La Brosse ».

Trois petites failles, avec abaissement des lèvres à l'Ouest, apparaissent sur le front de carrière.

Toute la partie Ouest est disloquée par un réseau de filons de porphyrite micacée et de quartz ; une cheminée lamprophyrique, dirigée nettement N. N. O. et s'enfonçant en arrière des fours à chaux, montre un contact fraîchement décapé de la roche filonienne et du calcaire ; le calcaire est simplement durci au contact, sans qu'aucun minéral y ait pris naissance. Dans cette partie de la carrière, percée de filons, le marbre est plus siliceux qu'ailleurs; aussi doit-on le rejeter pour son emploi comme castine dans l'industrie métallurgique ; il laisse d'abondants incuits dans la fabrication de la chaux. Outre l'utilisation du mar-

bre comme pierre à chaux et comme castine, on le taille en petits moellons pour la construction et le pavage.

Voici trois analyses que M Chaudron, chef d'exploitation aux carrières, a bien voulu me communiquer; elles donnent une idée précise des variations de sa teneur en silice d'une part, en chaux et en magnésie d'autre part.

	I	II	III
SiO^2	0,46	0,60	2.40
CO^3Ca	52.17	52,44	53,82
Co^3Mg	42.20	39.17	35,53
$FeO + Fe^2O^3 + Al^2O^3$ . .	1,35	2,28	2.07
Perte au feu	3.82	5.01	6.18
Total	100.00	100,00	100.00
Soufre	0,017	0,073	0.070
Phosphore	0,013	0,035	0,032

L'échantillon n° I provient de la partie Est de la carrière ; les échantillons II et III, du centre ; II, des bancs rosés supérieurs, nettement dolomitiques. III, des bancs bleus de la base, au voisinage des filons de quartz. L'abondance de la magnésie ressort de ces analyses, aussi bien dans les bancs franchement dolomitiques, que dans ceux qui paraissent, à l'œil, purement calcaires.

La genèse de l'amphibole, métasilicate de chaux, de magnésie et de fer, dans les cornes amphiboliques, les diorites et les diabases, que nous verrons nombreuses plus au Nord. formées par exomorphisme ou endomorphisme granitique au contact de ces calcaires, se trouve, dès lors, amplement expliquée par leur haute teneur en chaux et en magnésie.

Schistes et tufs famenniens du chemin de « La Brosse » au pont du chemin de fer sur la Loire. — Les schistes d'un jaune verdâtre qui apparaissent au sommet des calcaires et dolomies de la carrière, affleurent également dans le chemin qui monte à « La Brosse » ; leur couleur tient à leur état de décomposition ; ils passent insensiblement à des schistes psammitiques gris verdâtres foncés que nous verrons plus au Nord contenir la faune famennienne. De patientes recherches en cet endroit, où il eût été intéressant d'établir avec précision la limite entre le Frasnien et le Famennien, ne m'ont livré que de rares traces d'un petit Crustacé finement réticulé, d'environ 1 mm. de long, à faire rentrer dans le genre *Beyrichia ;* ne l'ayant pas trouvé dans les gisements fossilifères bien datés du Nord, je ne lui attacherai qu'une valeur stratigraphique relative. De l'autre côté du filon de quartz. qui limite à l'Est la carrière de marbre et les schistes supérieurs, se rencontrent d'abord des schistes identiques aux précédents, avec pendage encore vers le N. E. ; la faille, jalonnée par le filon. n'a donc provoqué ici qu'une faible dénivellation, avec un abaissement probable de la lèvre Est. Les terrains deviennent en effet rapidement plus récents à mesure que nous avançons vers l'Est. Notons, en passant. un filon de porphyrite micacée, d'ailleurs assez décomposée, comme cela est généralement le cas pour les lamprophyres

non fraîchement dénudés, dirigé N. N. O., apparaissant à 40 mètres de la route dans un petit chemin qui monte au-dessus de la voie ferrée sous le P. de « Pré de Vernes » (E.-M.).

Que l'on suive la voie ferrée, qui, par de profondes tranchées, rejoint la ligne de Moulins puis la gare de Gilly, ou que l'on continue à marcher sur la route le long de la rive droite de la Loire, en gardant le chemin de fer à une vingtaine de mètres sur la gauche, on trouve la même succession de terrains ; au-dessus des schistes psammitiques et alternant d'abord avec eux, apparaissent des bancs d'une roche verdâtre foncée, à cassure assez grenue, rappelant, à première vue, un grès très arkosien ; ils contiennent, par place, de petits débris de schistes noirs anguleux et quelques rares tiges d'encrines avec d'autres organismes peu déterminables ; ils sont confondus sur l'ancienne carte de Charolles avec les grès de la base du Dinantien ; leur étude microscopique m'a conduit à en faire des tufs de projection, principalement composés de cristaux de feldspath brisés et de débris de porphyrites, parfois de porphyrites amphiboliques ; assez calcarifères pour faire légèrement effervescence sous une goutte d'acide faible, ils ont dû se former sous l'eau, à faible distance d'un rivage, englobant quelques débris organiques et quelques éléments plus ou moins roulés. Par leur origine éruptive et leur composition minéralogique, ils doivent être identifiés avec les tufs que nous rencontrerons plus au Nord et qui se marient aux albitophyres du Famennien.

Ils servent à l'empierrement des routes ; aussi des carrières y sont-elles fréquemment ouvertes. Depuis le pont sur la Loire jusqu'après le pont du chemin de fer sous lequel elle passe, la route est bordée par des affleurements de ces tufs ; les berges de la Loire en sont également formées. Des lits schisteux, avec petits bancs quartziteux clairs, s'intercalent au milieu de bancs épais de ces tufs, particulièrement après le pont du chemin de fer. Certains blocs trouvés sur le bord de la rivière, contiennent des fragments ellipsoïdaux et comme roulés, sortes de galets de calcaire silicifié.

La direction moyenne de ces tufs est localement E.-O. ; leur pendage, d'abord très faible, s'accentue un peu vers le Nord (15°). Ils sont nettement concordants sur la série inférieure et peuvent atteindre, en cet endroit, 10 à 20 m. d'épaisseur.

Grès noirs et schistes tournaisiens de Gilly à « La Vallée ». — Des grès psammitiques très noirs, riches en débris végétaux, alternant avec des schistes noirs, leur succèdent, formant de puissants bancs, bien visibles dans une grande carrière, ouverte entre la voie ferrée et la route, 100 mètres à l'Est de la bifurcation des lignes de Moulins et de Cercy-la-Tour ; leur direction (N. 150° E.) et leur pendage (O. 40 puis 20°) ont assez brusquement changé par suite d'une faille ou d'un décrochement probable entre les tufs et les grès noirs.

Nous en avons fini, pour le moment, avec la variation des terrains et n'allons plus trouver, sur plus de quatre kilomètres, que des alternances de ces schistes noirs ou verdâtres avec des grès psammitiques à plantes, plus ou moins clairs

ou foncés suivant le degré de leur décomposition. Seule, l'étude des directions et des pendages nous offrira quelque intérêt.

Dès la sortie de la grande carrière, deux filons percent les schistes, composés, l'un (N. 60° E.) de microgranulite de passage au microgranite, l'autre d'aplite granulitique.

Les schistes deviennent E.-O. avec pendage faible vers le Sud, s'enfoncent puis se redressent brusquement avant l'église de Gilly et s'entremêlent, en cet endroit, de quelques bancs gréseux arkosiens.

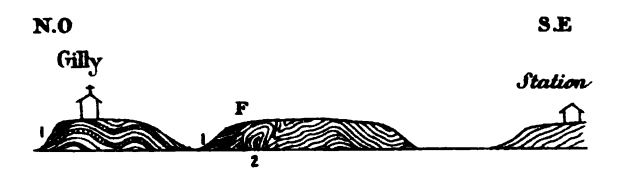


Fig. 2. — Talus-Nord de la route Nationale n° 79, à Gilly, dans le Tournaisien.

1. grès à plantes et schistes. 2. schistes très plissés, F. faille.
Echelle 4000° (hauteurs amplifiées 5 fois).

Une cassure, bien visible en face de l'Hôtel des Voyageurs, précède une série uniquement schisteuse, extrêmement froissée, plissée et disloquée, ayant subi des pressions tangentielles qui ont donné naissance à de petits plis isoclinaux (fig. 2). Mais l'amplitude de ces plis est faible, et l'on reste certainement dans les mêmes couches schisteuses jusqu'au vallon de Fontaulas où un glissement inverse fait apparaître à nouveau les grès à plantes. Je n'ai trouvé aucun fossile dans les schistes noirs verdâtres de Gilly. Ils ne se distinguent en rien des schistes tournaisiens que l'on rencontre en s'élevant, au Nord, vers la forêt de Chavencé.

Après le ravin de Fontaulas, les grès psammitiques à plantes subissent de nombreux petits plissements, mais, dans l'ensemble, restent horizontaux ; ils affleurent au droit du ravin des « Vignes » suivant une voûte à grand rayon de courbure (carrière au tournant de la route à l'N. de Nationale E. M.) ; en cet endroit, les grès sont rosés par place et les empreintes végétales rubéfiées par l'oxyde de fer ; plus loin, ils sont noirs verdâtres, très riches en plantes, moins psammitiques, plus arkosiens qu'à l'Ouest de Gilly. Ils constituent des bancs de 10 à 50 cm. au milieu des schistes et sont brisés par de nombreuses cassures parallélipipédiques.

Il convient d'insister sur l'utilité de ce faciès gréseux comme point de repère au milieu de schistes si souvent azoïques et si semblables à ceux du Famennien.

Calcaire du château de La Vallée. — Un peu avant le premier chemin conduisant au château de La Vallée, les grès disparaissent, faisant place à des schistes psammitiques de couleur claire, riches en petits cubes de pyrite ; la route ne

présentant plus d'affleurements, nous suivrons la voie ferrée qui traverse en tranchée le parc du château, entre les deux passages à niveaux ; un peu avant la passerelle jetée au-dessus de la voie, affleure un calcaire cristallin noir, veiné de blanc, percé par un filon de lamprophyre. Ce marbre gris se suit sur 60 mètres de long; il ne contient aucun fossile et semble former une lentille, en forme de voûte, sous les schistes voisins ; les restes d'un four à chaux, situé à 200 mètres au Nord sur le chemin allant à Perrigny (sous le t. d'Aupont, E. M.) permettent de supposer le passage du calcaire dans une direction N. un peu N. E. Ce calcaire est tout à fait analogue à celui que nous rencontrerons plus au Nord, à Fontête, où la succession stratigraphique conduit à en faire un niveau voisin du calcaire frasnien de Gilly.

Schistes maclifères et quartzites du château de Charnay. – La traversée du vallon de Perrigny, recouvert entièrement par les alluvions, n'est pas instructive, et nous ne retrouverons quelques affleurements que dans le chemin qui monte de Perrigny au château de Charnay ; le sol même du sentier montre quelques passages de schistes micacés et maclifères, puis des quartzites blancs micacés qui forment une étroite bande N. N. E. avant le granite ; on verra plus loin, dans les coupes de la région de Luzy, que j'ai été conduit à en faire l'équivalent des grès et des arkoses de la base du Dinantien, transformés, par métamorphisme au voisinage du granite, en quartzites micacés. Des filons de granulite, paraissant allongés vers le N. N. E., percent ces quartzites et aussi le granite au contact. En bas du sentier qui descend vers le ruisseau du Charnay se trouve un lambeau de schistes surmicacés, non entièrement digérés, mais de passage évident au granite.

Cette dernière partie de la coupe, au voisinage immédiat de la grande masse granitique, présente un puissant intérêt ; mais elle est malheureusement cachée, en grande partie, par la couverture alluviale et tertiaire.

Résumé de la coupe n° 1. — Si on jette un coup d'œil d'ensemble sur la coupe n° 1, ainsi relevée sur 10 à 11 km. de route, on aperçoit deux voûtes anticlinales qui se dessinent aux deux extrémités ; l'une, à l'Ouest, passe aux carrières de Gilly, amenant au jour le terrain le plus ancien que l'on connaisse dans le Nord du Plateau Central, le Frasnien; vers sa retombée Est, elle présente des témoins irrécusables du passage de schistes et de tufs albitophyriques famenniens ; l'autre voûte, à l'Est, au château de La Vallée, est jalonnée par une réapparition vraisemblable du Frasnien ; les prochaines coupes nous révéleront l'existence d'une troisième voûte anticlinale, à l'Est de la précédente, qui n'en est qu'une branche secondaire.

Je désignerai de suite par un numéro chacun des axes tectoniques traversés; celui du calcaire frasnien de Gilly sera l'anticlinal II ; celui du calcaire du château de La Vallée, l'anticlinal I'; celui que nous verrons bientôt se dessiner plus à l'Est sera l'anticlinal I.

Cette numérotation va de l'Est à l'Ouest, car c'est vers l'Ouest que naîtront au Nord de nouveaux axes à y introduire.

Entre les anticlinaux I et II, s'étend une région qui a subi des plissements-

multiples, mais de faible envergure, région de plateau où l'on serait fort embarrassé s'il fallait situer avec exactitude un axe synclinal ; on ne cesse d'y traverser les grès et schistes du Dinantien.

Vers l'Ouest, le faisceau de failles N. N. O., avec remplissage de quartz arkosien et pyriteux en filons, dont les chapeaux de fer ont été autrefois exploités, se confond avec la faille terminale occidentale du Morvan.

A l'Est, il y a retombée probable des couches vers le granite qui les a métamorphisées.

Environs de Diou. – Tout le pays qui s'étend au Sud, sur la rive gauche de la Loire, est recouvert par les alluvions et les terrains tertiaires, sauf suivant une étroite bande qui longe la rivière et le canal latéral, depuis le village de Diou jusque vers Norvent, sur environ 2 km. de l'Ouest à l'Est ; dans cette bande, ce sont les terrains anciens qui affleurent.

Le calcaire, depuis longtemps exploité dans les carrières de Diou, est fossilifère ; Rozet l'a signalé dès 1840 [1] ; Julien y a déterminé en 1881 les espèces suivantes [36, p. 891] :

Heliolites porosa Goldf.
Streptastræa longiradiata Sandb.
Cyatophyllum cæspitosum Goldf.
Favosites cervicornis Blainv.
Alveolites suborbicularis M. Edw. et J. Haime
Aulopora repens M. Edw.
Stromatopora concentrica Goldf.
Acroculia prisca Goldf.
Orthis striatula Schloth.
Spirifer undiferus Rœmer.
Cyrtina heteroclyta Defr.
Atrypa reticularis Linn.
Atrypa aspera Schl.
Rhynchonella subwilsoni d'Orb.
Rhynchonella pugnus Sow.
Rhynchonella dalcidensis Rœmer.
Pentamerus brevirostris Phill.
Camerophoria microrhyncha St.
Chonetes sarcinulata Schl.

L'auteur concluait, à la suite de cette liste, que le marbre de Diou appartenait au Dévonien moyen ; dès 1892, M. Michel Lévy rectifiait cette opinion dans la légende de la feuille de Charolles, dans laquelle se trouve l'indication que ce marbre appartient au Frasnien. Julien, lui-même, revenant sur ses premières conclusions, en 1896, dans son ouvrage principal [79, pp. 261, 262] déclare avoir, par la suite, découvert à Diou :

Spirifer Verneuili Murch.
Rhynchonella cuboides Sow.
Strophalosia productoides Murch.
Productus subaculeatus Murch.

espèces caractéristiques du Frasnien.

M. Giraud a bien voulu me communiquer les fossiles qu'il a récoltés à diverses reprises, dans la carrière de Diou ; à côté des espèces frasniennes que signale Julien, j'y ai trouvé *Phacops* cf. *fecundus* Barr., mut. *supradevonica* Frech.

Le marbre est ici très cristallin, plus encore qu'à Gilly ; il est gris clair, un peu bleuté. Il forme une couche de 4 à 5 m., plongeant légèrement vers le N. E., exploitée en carrière au-dessous du niveau du sol, à l'entrée Est de Diou, jusqu'au niveau des eaux de la Loire ; un filon lamprophyrique N. 105° E. traverse la lentille ; vers l'Est de la carrière, une faille N. N. E., où les eaux ont formé des cristallisations remarquables d'aragonite, limite le marbre.

Le puits de l'Hôtel de la Poste, situé en face de l'extrémité Ouest des carrières, de l'autre côté de la route, a rencontré le calcaire à 3 m. de profondeur ; mais à 40 m. de là, vers l'Ouest, le puits du boucher s'est enfoncé dans du sable et des graviers ; à 100 m. au S. O., une grande ballastière a été ouverte pour le chemin de fer, sans que l'on ait trouvé aucune trace de calcaire ; il faut donc supposer entre la carrière et ces deux points le passage de la faille limite occidentale du Morvan.

Schistes et tufs famenniens sur la rive gauche de la Loire. — Vers le N. E., lorsqu'on descend sur la rive gauche de la Loire, le calcaire disparaît sous des schistes verts jaunâtres qu'il est facile de suivre vers l'Est jusqu'au delà du pont de la route ; ils forment en effet le lit de la rivière qui, sur sa rive gauche, les découvre aux basses eaux ; ils paraissent peu froissés et conservent une direction N. 120 à 130° E. avec un pendage N. E d'environ 10°, assez constant ; j'y ai trouvé quelques empreintes de tiges et de racines et un petit Crustacé finement réticulé, déjà rencontré dans les schistes du chemin de « La Brosse » au-dessus des carrières de Gilly et qui semble appartenir au genre *Beyrichia* ; deux minces filons de microgranulite (N N. E.) les traversent à 100 m. environ avant le pont de la route ; sous ce pont apparaissent les premières intercalations de tufs albitophyriques ; vers l'Est, au pont du chemin de fer et sur 200 m. après lui, ces tufs deviennent prédominants, en liaison directe avec ceux de la rive droite. Les bords du canal latéral présentent également des affleurements de schistes et de tufs ; à la passerelle de Norvent, à un km. à l'Est des ponts, ils sont constitués par les grès psammitiques à plantes du Tournaisien, réapparitions des niveaux qui débutent, sur la rive droite, dans la carrière ouverte sous le poste d'embranchement du chemin de fer, à l'Ouest de Gilly.

Ainsi, la voûte anticlinale n° II, reconnue sur la rive droite de la Loire, se reproduit presque complètement sur sa rive gauche.

Comment sont reliées, sous la Loire, les couches de marbre de Diou, plus bas-

ses, et celles de Gilly, plus élevées ? Les schistes à *Beyrichia* de la rive gauche sont supérieurs aux calcaires de Diou, mais paraissent s'enfoncer sous les calcaires de Gilly ; il n'en est rien ; l'abaissement vers le Sud de ces couches qui pendent à l'inverse vers le N. E. doit être expliqué par un passage de fracture Est-Ouest, transversale aux plis (fig. 3).

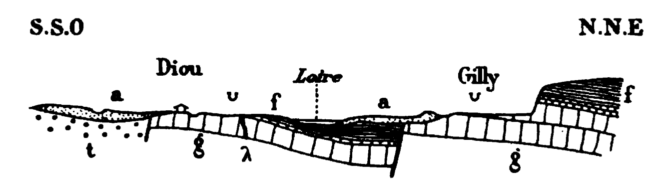


Fig. 3. — Coupe de Diou aux carrières de Gilly.

a. alluvions, t. terrains argilo-sableux, f. schistes famenniens à *Beyrichia*, g. marbres et dolomies frasniennes, λ. porphyrite micacée. Echelle 11 000• (hauteurs amplifiées 5 fois).

Il est intéressant de constater que la Loire affouille aujourd'hui son lit, découvrant et érodant le seuil paléozoïque de Diou sur lequel s'étaient déposés les calcaires à Phryganes de l'Aquitanien et des alluvions anciennes.

Coupe n° II, *de l'Ouest à l'Est, passant par le ravin de la Vèvre, Fontête et Cortot* (pl. VII). — Bien que cette coupe ne soit qu'à 1.500 m. au Nord de la première, elle fournit des données nouvelles qu'il est nécessaire d'exposer en détail.

J'appellerai d'abord l'attention sur d'intéressantes constatations faites autrefois, lors du forage de deux puits dans les dunes sableuses, sur la droite du chemin qui monte de la route nationale à « la Vallée » (rive gauche du ruisseau de la Vèvre). Ces puits, aujourd'hui éboulés et remplis de sable, furent creusés par le maçon Renaut qui habite « la Velle » et m'a donné sur les terrains rencontrés des renseignements précis, corroborés par la découverte de quelques débris existant encore à l'entourage. L'un des puits se trouvait à 200 m. à l'Est de la route nationale et à 50 m. au Sud du chemin de « la Velle » ; un bloc d'une roche gris verdâtre, flammée de blanc, qui gît à l'angle d'un bouquet de pins, en provient; elle a été rencontrée à 25 m. de profondeur au-dessous de schistes et de grès psammitiques ; c'est une brèche albitophyrique contenant des morceaux plus ou moins roulés de calcaire silicifié, à rattacher aux tufs famenniens qui affleurent entre les deux ponts sur la Loire, à l'Ouest de Gilly. Des plaques minces y décèlent, dans les parties blanches, de nombreuses sections circulaires de très petite dimension (1/10 à 2/10 de mm.) qui rappellent les sections de spicules de Radiolaires.

L'autre puits, à 300 m. au S. O., sur un chemin transversal, a rencontré les tufs calcarifères à 20 m. de profondeur.

Le revêtement de schistes et de grès dinantiens est donc très superficiel à l'Ouest des carrières de Gilly, le Dévonien se rencontrant à très faible profondeur.

Les schistes famenniens affleurent sous les maisons de « la Brosse » où cesse la couverture sableuse.

Diorite de l'éperon S. O. de la forêt de Chavencé. — Profitant du sentier descendant dans le vallon de la Vèvre, au droit du confluent des deux ruisseaux qui s'écoulent au S. O. de la forêt de Chavencé, nous arrivons à un éperon rocheux qui mérite une attention particulière. A première vue, les roches y apparaissent cornées et nettement métamorphisées ; l'étude microscopique y décèle la succession suivante : à la base, des microdiorites franches, passant à des cornes amphiboliques ; au dessus, en avançant vers l'Est sur le chemin de la forêt, des cornes sont entremêlées de tufs amphiboliques ; enfin, des schistes micacés, du type de métamorphisme de contact du granite, surmontent le tout ; un filon de microgranulite très blanche N. O. traverse l'ensemble ; mais, chose plus intéressante, une bosse de granulite affleure dans le fond du vallon sous « les Bruyères », témoignant de la proximité des roches granitoïdes en profondeur.

Dès que l'on arrive sur le plateau, en forêt, un revêtement caillouteux empêche de suivre cette série métamorphisée ; toutefois la présence des grès psammitiques à « Goutte-au-Merle » (282 m., E.-M.) et au hameau de Chavencé, à 500 m. vers le S. E., permet de supposer qu'elle cesse rapidement et qu'elle est recouverte par les grès du Tournaisien. Au Nord, entre la Vèvre et les Bruyères, les schistes, en débris dans les champs, ne paraissent plus influencés par le métamorphisme.

C'est donc là un ilôt métamorphisé très restreint, mais très précieux pour nous. Les diorites y sont, avec évidence, le résultat de l'action métamorphisante du granite sur les bancs calcaires frasniens de Diou, Gilly, prolongés à 1 km. vers le N. N. E., direction générale des couches dans la région ; la présence de tufs probablement famenniens, au-dessus, ne fait que confirmer cette hypothèse.

Le chemin de Chavencé à la sortie du bois, avant Fontète, se prolonge sur un sol boisé, composé de blocs et de cailloux roulés, de désagrégation des poudingues tournaisiens ; ce revêtement repose directement sur des couches arkosiennes que nous recouperons plus au Nord, à l'Est de Charmes ; la même superposition existe sur la route de Bourbon-Lancy à Fontète en plusieurs points de la forêt qui forme le plateau supérieur.

Des schistes, jouant avec les grès, affleurent au « Petit-Chirac » sur la route qui descend vers Gilly ; ils sont là presque horizontaux avec tendance à un léger pendage vers l'Ouest.

Au fond du ravin de Fontaulas et sur sa rive gauche, sous les maisons de la Chapelée, se trouve un grand arrachement, haut de 10 à 20 m., dans un brouillage de schistes et de grès verdâtres arkosiens avec débris de plantes.

Donc, sans aucun doute, toute cette région, au Sud de la forêt de Chavencé jusqu'au voisinage de Fontète, est constituée par du Tournaisien.

Accident et calcaire de Fontète. — Mais revenons au chemin qui du « Petit-Chirac » descend vers « Montgarni ». Au sortir des bois, l'on est sur des schistes psammitiques, gris foncé, très plissés, que nous verrons être famen-

niens, car ils comportent plus au Nord, à leur partie supérieure, des tufs albitophyriques de cet âge. Leur direction N. 20° E. est à peu près constante; mais les pendages subissent des variations brusques qu'il est intéressant de relever; d'abord d'environ 30° vers l'Est, ils deviennent brusquement de 50° vers l'Ouest sur 50 m.; puis de nouveau de 20° à 30° vers l'Est à 100 m. des premiers bâtiments de Montgarni.

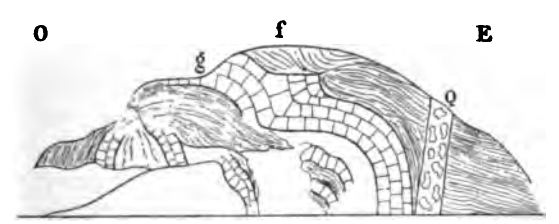


Fig. 4. — Carrière de Fontête.

f. Schistes famenniens, g. calcaire et schistes frasniens, Q. filon de quartz et de barytine. Echelle 1.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

On peut déjà prévoir l'existence en cet endroit d'une voûte anticlinale brisée; cette voûte devient évidente si l'on remonte dans le vallon O. N. O. qui sépare Montgarni de Fontête; au fond de ce vallon, on aboutit en effet à une carrière de calcaire, actuellement abandonnée, où du marbre gris, veiné de blanc, par endroits rubéfié, forme voûte au-dessous des schistes que nous venons de voir dans le chemin de Montgarni.

La même disposition des schistes s'observe dans le chemin qui, de Fontête, conduit au Vollerot (porté sur la carte sous le nom erroné de Voulterot). L'axe de l'anticlinal y est jalonné par une zone dans laquelle les schistes sont horizontaux.

Sur la route de Fontête à Bourbon-Lancy, à 100 m. des dernières maisons de Fontête, les schistes, avec pendage de nouveau vers l'Est (de 10° environ), deviennent vert jaunâtre, pâles, rappelant tout à fait ceux qui surmontent les calcaires de Gilly; ils sont immédiatement inférieurs à ce revêtement boisé qui semble formé au détriment des poudingues et arkoses tournaisiens démantelés sur place.

Les raisons qui me portent à attribuer à ce calcaire de Fontête un âge dévonien et probablement frasnien sont les suivantes :

1° Son apparition dans une boutonnière ouverte sur un axe anticlinal au-dessous de schistes clairs rappelant ceux de Gilly, inférieurs eux-mêmes aux premiers niveaux dinantiens;

2° L'existence dans ces schistes, comme nous le verrons à 2 km. plus au Nord, à la ferme des Jocquets, de puissantes intercalations de tufs albitophyriques à tiges d'encrines et autres débris organisés, identiques à ceux qui, aux ponts de Gilly, surmontent les calcaires frasniens.

De Fontête à Perrigny. — Si l'on se dirige vers Perrigny, on descend dans les

schistes depuis le village jusqu'au ruisseau de Fontête; après le passage du petit pont, on est surpris de retrouver aussi vite un témoin du Tournaisien sous la forme bien certaine des grès arkosiens à plantes (avec léger pendage vers l'Est).

Ces bancs arkosiens se montrent surmontés de schistes visibles pendant 200 m. sur la route, avec même pendage; un brouillage de faille interrompt brusquement ces niveaux; des schistes pincés, avec pendage vertical, confirment l'accident; une porphyrite amphibolique lui fait suite, à laquelle se trouve superposée une succession de schistes et de tufs albitophyriques avec débris d'encrines, contenant des morceaux bréchiformes de calcaire; nous sommes ici à 30 m. au-dessus du ruisseau de Fontête, à l'entrée dans les bois des « Petits-Chauffages » qui recouvrent un démantellement, riche en galets de quartz et de quartzites d'origine dinantienne. Depuis le brouillage jusqu'à cette forêt, nous étions dans le Famennien; les tufs albitophyriques ne laissent subsister aucune ambiguïté à ce sujet; la présence d'une porphyrite amphibolique vient y ajouter une garantie nouvelle; les roches amphiboliques à deux temps s'alignent, dans toute la région, sur les plis où apparaissent les calcaires, cornes et diorites frasniennes, semblant être leur émanation directe et ne percer que les niveaux de la base du Famennien, qui leur sont immédiatement supérieurs, comme nous l'expliquerons postérieurement.

Accidents au Sud de Fontête. — Avant de terminer cette coupe vers l'Est, je crois préférable de descendre au Sud la vallée de Fontête et d'y étudier des dislocations qui se relient intimement avec l'accident anticlinal de Fontête. Nous remontrons pour cela deux vallons, affluant sur la rive gauche ; l'un au Nord de « l'Arbre Rond » ; l'autre au Nord-Ouest des « Teurots d'Aupont ».

Un sentier qui, de Montgarni, descend au Sud vers le ruisseau de Fontête, traverse des schistes très froissés, d'abord horizontaux, ensuite pendant légèrement vers le Nord-Ouest. Après le passage du ruisseau, on rencontre un brouillage de faille et une apparition de bancs arkosiens presque verticaux, percés, à 50 mètres, sur le chemin qui remonte le long du ruisseau vers le Nord-Est, par une porphyrite micacée très fraîche, dirigée N. O Avant le ruisseau, les schistes étaient famenniens ; sur la rive gauche, les arkoses sont dinantiennes. Le Dinantien ne tarde d'ailleurs pas à envahir la rive droite elle-même ; une carrière à un km. au Sud de Montgarni, sur la droite de la route, est ouverte en effet dans des arkoses à plantes, dirigées N 15° E. avec pendage de 45° vers l'E. S. E.

Calcaire du ravin de l'Arbre-Rond. — C'est en face de cette carrière que nous allons nous engager dans le vallon de l'Arbre-Rond; sur les deux rives la roche affleure, montrant une alternance de schistes et de bancs grèseux, contenant même de petits galets de quartz et de quartzites; les pendages, d'abord assez doux vers l'Est, s'accentuent et l'on arrive, au milieu d'une prairie située à environ 300 m. de la vallée principale, à un banc de calcaire blanc grisâtre cristallin, formant muraille dirigée N. 5° E., presque verticale ; il traverse le vallon et réapparaît sur son flanc Nord dans une ancienne carrière où affleure en outre une porphyrite et où j'ai trouvé des débris d'une roche granitoïde.

A l'Est de ce calcaire, on retrouve des bancs de grès, de petits poudingues et de schistes ; le plateau qui couronne le vallon est couvert de bois qui reposent sur un sol très riche en galets de quartz et de quartzites.

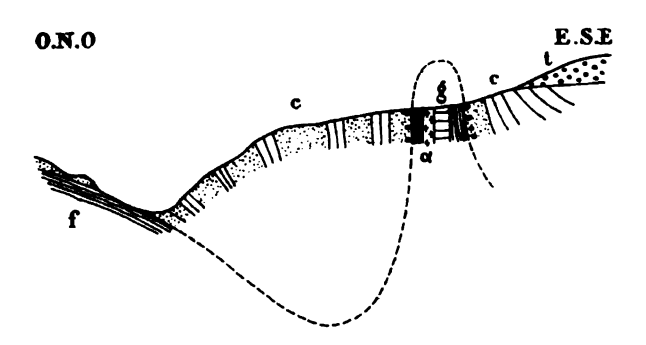


Fig. 5. — Coupe dans le vallon montant à l'Arbre rond (N. E. d'Aupont).

t. Terrains argilosableux mélangés de galets, c. poudingues, grès et schistes tournaisiens, f. schistes famenniens, g. calcaire frasnien, α. albitophyre. Echelle 10.000e (hauteurs amplifiées 5 fois).

La figure 5 représente, schématiquement, l'anticlinal pincé et légèrement déversé vers l'Ouest que forment selon toute vraisemblance les couches reconnues dans ce vallon ; on y voit au centre un calcaire analogue à celui de Fontête, frasnien par conséquent, bordé de grès et de poudingues carbonifères sur les deux flancs, avec disparition du Famennien en biseau.

Sans toutefois prétendre que les apparitions calcaires de Fontête, du vallon de l'Arbre-Rond, du château de la Vallée, appartiennent à une seule et même voûte anticlinale, il y a lieu de penser qu'elles proviennent d'un même niveau, venant au jour dans des boutonnières, ouvertes au milieu de plis multiples et très serrés dont la direction moyenne est N. N. E. et qui témoignent certainement du passage des pressions tangentielles maxima subies par la région.

Coupe d'Aupont aux Teurots d'Aupont. — Cette observation est encore confirmée par la coupe relevée sur le chemin d'Aupont aux Teurots-d'Aupont. En descendant d'Aupont au ruisseau de Fontête, on recoupe des schistes. pendant de plus en plus vers l'Est, très froissés, puis des grès arkosiens à plantes, par endroits très rubéfiés ; des blocs éboulés encombrent le fond du vallon ; la remontée vers les Teurots débute par des schistes avec bancs arkosiens vert foncé. (N. 30° E., pendage 80° O.) ; elle continue par des schistes et de nouveaux et puissants bancs gréseux N. 20° E., pendant à l'inverse (80° E) et formant la retombée d'un pli anticlinal pincé ; l'approfondissement du vallon de Fontête dans ces terrains dinantiens plissés est d'environ 40 m. ; l'envergure des plissements est donc assez considérable ; il était difficile de se les figurer tels dans leur aboutissement, à 2 km. au Sud, sur les bords de la Loire, où l'ensemble paraît assez horizontal.

Revenons sur la route de Fontête à Perrigny, que nous avons quittée près du

Montceau ; le terrain alluvial forme un manteau continu jusqu'à Perrigny ; une carrière y est ouverte à l'entrée Ouest du village dans des couches argileuses verdâtres exploitées pour tuileries.

Un peu au Nord, dans la vallée du ruisseau de Sauvigny, les schistes apparaissent durcis sur la rive droite, puis micacés, tachetés et maclifères sur la rive gauche. C'est dans le lit de la rivière que l'on peut recueillir les plus beaux échantillons de schistes maclifères de la région.

En arrivant à la sortie des bois, à 300 m. au Sud de Cortot, sur le flanc gauche du vallon, on rencontre deux lentilles de roches dioritiques passant à des porphyrites amphiboliques, allongées dans une direction N. N E. J'ai toutes raisons pour attribuer à ces roches l'âge des diorites similaires trouvées à l'éperon Ouest de la forêt de Chavencé ; je les crois dévoniennes.

Une couverture de galets arkosiens et quartziteux forme le sommet des « Grands-Chauffages » où l'on arrive, en avançant vers l'Est. Enfin, la bordure même du grand massif granitique qui commence avant le fond de la vallée de Charnay, est constituée par une étroite bande quartziteuse, où les quartzites blancs, sont, par endroits, micacés ou feldspathisés ; je les attribue à une retombée des formations dinantiennes de base ; on en verra plus loin les raisons. Le granite au contact affecte surtout un faciès microgranitique, ou granulitique, le type porphyroïde ne s'établissant nettement qu'à quelques centaines de mètres de la bordure.

Résumé de la coupe n° II. — Le fait principal mis en lumière dans cette deuxième coupe est, sans conteste, l'âge frasnien des diorites sous l'éperon S. O. de la forêt de Chavencé à 1 km. au N. N. E. de Gilly ; nous verrons que toutes les constatations faites autour du puissant massif dioritique de Cressy-s - Somme ne font que le confirmer. La succession constatée au-dessus des calcaires de Fontête, schistes avec tufs porphyritiques, poudingues démantelés, confirme l'existence, à l'Est, d'une zone de réapparition des calcaires frasniens.

Au point de vue tectonique, les deux grands anticlinaux (I et II), constatés dans la coupe précédente, se retrouvent, leurs axes ayant une direction N. un peu N. E. Mais l'anticlinal oriental est nettement dédoublé en deux anticlinaux secondaires ; le premier (I') jalonné par la voûte frasnienne de Fontête, le second (I) par les apparitions dioritiques de Cortot. La région de Fontête, Aupont, les Teurots-d'Aupont a été particulièrement froissée, disloquée et peut être traînée ; les grès à plantes, à l'Ouest du Montceau, réapparaissent en effet au milieu du Famennien ; la lentille de calcaire frasnien de l'Arbre-Rond est une boutonnière ouverte dans un pli très serré du Dinantien.

Coupe n° III *passant par la station de Saint-Aubin, Charmes, les Jocquets, Mont-Perroux* (pl. VII). — J'ai été conduit au choix de cette coupe : 1° par l'existence sur son tracé de gisements fossilifères (l'un particulièrement riche en plantes, un autre, premier point famennien absolument certain vers le Sud) ; 2° par la présence de tufs albitophyriques également famenniens ; 3° enfin par celle d'un calcaire à minéraux en contact avec une bosse de granite. Elle se maintient environ à 2 km. au Nord de la coupe n° II.

Le chemin, qui conduit de la station de St-Aubin à Charmes, s'élève d'abord dans une dune de ce sable blanc quartzeux déjà rencontré à l'Ouest des précédents recoupements ; il s'est particulièrement accumulé à l'entrée des petits vallons affluents, où son épaisseur peut varier de 5 à 10 m. : mais sur les flancs des coteaux intermédiaires, il diminue très rapidement d'épaisseur pour cesser bientôt complètement.

Les premiers affleurements de roches sous-jacentes, apparaissant au milieu de ces sables, nous montrent sur le chemin de St-Aubin à la Vèvre (après le passage à niveau à 100 m. au S. O. de la station) une porphyrite vacuolaire qui semble interstratifiée dans des schistes famenniens ; plus loin, ce chemin traverse quelques affleurements d'arkoses dinantiennes.

Non seulement ces sables blancs s'accumulent en épaisseur à la base des vallons affluents, mais ils ont profité de la faible inclinaison du thalweg pour les remonter assez loin de leur débouché, jusqu'à 70 m. au-dessus du niveau de la Loire ; l'action éolienne peut très bien expliquer cette répartition ; le chemin de Charmes, qui remonte avec le ravin, ne quitte ces sables qu'à 1 km. de la station de Saint-Aubin ; il traverse alors un filon de quartz, formant faille, qui a rubéfié les schistes adjacents ; à l'Ouest, les schistes étaient vraisemblablement famenniens ; vers l'Est, nous tombons sur des bancs gréseux très horizontaux.

Arkoses à plantes. — Un trou de champ, fraîchement creusé, vers la maison appelée « le Theurot », m'a donné une abondante récolte de tiges et de racines d'assez grande taille dans des grès arkosiens jaune verdâtre ; le charriage de ces débris végétaux paraît certain ; je n'ai trouvé aucun organe délicat conservé, aucune feuille, aucune inflorescence ; seuls les éléments ligneux, résistants, ont laissé leurs traces ; ils sont d'ailleurs, par endroits, en si grande abondance que la roche en paraît entièrement composée, devenant vacuolaire, légère et dégageant une forte odeur empyreumatique due à la présence d'hydrocarbures ; des lits schisteux, très psammitiques, avec débris végétaux plus rares et de bien plus petite dimension, alternent avec les bancs arkosiens, correspondant à des époques où les courants côtiers, plus faibles, charriaient des éléments plus fins et moins lourds.

Une distillation spéciale des matières ligneuses a déposé des enduits bruns, luisants, mélanges probables d'hydrocarbures et de produits ferrugineux, simulant quelquefois des arrangements cellulaires assez réguliers, mais qui n'ont aucune relation avec l'organisation primitive des tissus du bois ; ces tissus ont subi un écrasement considérable ; quant aux pseudo-cellules, leurs sections sont généralement rectangulaires, de 1 à 2 mm. sur 3 à 4 ; elles sont arrangées parallèlement au bord de la tige ou de la racine, leur allongement étant perpendiculaire à l'allongement de cette dernière.

Certains de ces débris ligneux appartiennent aux genres *Bornia* et *Stigmaria* ; mais ils ne donnent aucun résultat précis pour la connaissance du niveau des arkoses qui les contiennent ; c'est plus au Nord que j'ai acquis la conviction que ces arkoses représentent la base du Tournaisien par leur passage insensible aux

poudingues carbonifères authentiques. On les trouve d'ailleurs, partout, au-dessus des schistes famenniens fossilifères.

Il sont ici parfaitement horizontaux et si le plateau qui nous sépare de Charmes n'était pas recouvert d'une couche continue de sable fin, nous les verrions, sans doute, venir recouvrir les schistes gris vert foncé à *Entomis* qui deviennent visibles dans le chemin, au Nord de Charmes.

Schistes famenniens fossilifères de Charmes. — Après le deuxième chemin qui monte à Charmes, j'ai trouvé dans un affleurement, sur la droite, des Cypridines (*Entomis serrato-striata* Sandb.) ; elles sont très rares dans la masse schisteuse verdâtre, mais se montrent abondantes dans un petit lit franchement plus noir, de 2 à 3 mm. d'épaisseur ; la teinte plus foncée, due à une plus grande richesse en matière organique, sert ici de fil conducteur dans la recherche des débris organisés ; nous verrons avec quelle fidélité ces petits Crustacés accompagnent, dans cette région, les Clyménies et les Trilobites famenniens. Il semble que leur nombre soit en raison inverse de leur très petite taille (1 à 2 mm) ; ce sont en effet les seuls fossiles vraiment très répandus dans les schistes famenniens du Morvan qui méritent, par là, le nom de schistes à Cypridines.

Les schistes ont, au Nord de Charmes, une direction N. 100 à 105° E., avec léger pendage vers le N. E. (10 à 20°) ; à l'étang de Charmes où ils affleurent, un peu au Sud, ils ont même direction et même pendage. C'est ici le premier point, vers le Sud où les schistes à *Beyrichia* font place aux schistes à Cypridines.

Albitophyres au Nord de Charmes. — Ici encore les schistes famenniens se montrent accompagnés de coulées d'albitophyres interstratifiées. L'affluent du Vezon qui descend des bois de Charmes vers l'Ouest, montre, sur sa rive droite, de nombreux affleurements de ces roches, accompagnées de leurs tufs caractéristiques. Une carrière exploitée dans le fond du vallon, à l'éperon méridional des bois de Germigny, est particulièrement instructive pour leur étude Un banc puissant d'albitophyre vacuolaire, de direction N. O.-S. E. et pendant vers l'Est de 45°, est surmonté par des tufs, puis par des schistes famenniens. Les vacuoles sont ici remplies de produits chloriteux durcis qui forment de petites sphères se détachant dans les cassures fraîches de la roche. Nous verrons que, pétrographiquement, elle présente tous les caractères des roches de coulée, étant surtout microlithique et contenant un résidu dévitrifié, parfois abondant.

Arkoses des bois de Charmes. — A cet ensemble, schistes, albitophyres famenniens, succède brusquement une série dinantienne, formée de bancs d'arkoses de 10 à 30 cm. d'épaisseur, se divisant en prismes réguliers, entremêlés de lits schisteux ; la route, depuis l'entrée dans les bois de Charmes jusqu'au plateau, les traverse en tranchée ; les couches sont dirigées N. 10° à 20° E. avec pendage Ouest de 30 à 40° ; on trouve sur l'autre flanc du vallon, au Nord, un filon de quartz qui a fait, autrefois, l'objet d'une recherche pour le fer et qui paraît jalonner ce changement brusque de pendage.

En suivant la route jusqu'au point 269, on traverse d'abord, dans la forêt, un

revêtement sableux qui est le résultat du remaniement sur place des arkoses précédemment rencontrées.

Schistes à l'Est de Maringé. — On tombe ensuite sur la route de Bourbon à Perrigny dans les schistes psammitiques gris vert foncé ; ils apparaissent assez frais dans une petite carrière, à 100 m. au Nord, sur le chemin des Asnées (N. 20° E. pendage 20 à 30° S. E.). Ils sont du type des schistes famenniens que nous verrons, plus au Nord, envahir tout le cœur de la bande paléozoïque ancienne ; j'appelle l'attention sur cette réduction brusque de l'étendue des formations gréseuses dinantiennes que nous avons suivies sur plusieurs kilomètres de largeur, au bord de la Loire et qui à 6 km. plus au Nord, disparaissent en biseau. Alors qu'au droit des aires anticlinales, les axes des plis semblent se relever lorsqu'on les suit vers le Sud, laissant apparaître les formations les plus anciennes au bord de la Loire (calcaires de Diou-Gilly), dans l'aire synclinale, au contraire, les axes des plis vont en s'abaissant lorsqu'on marche vers le Sud, laissant subsister un placage plus récent de Dinantien sur le Famennien, disparu en profondeur.

La route de Perrigny traverse de nouveau un sol intéressant : à la bifurcation de la route des Jarsaillons et sur le petit chemin des Jocquets, il contient des blocs de poudingue avec galets de quartz et quartzites, dus au démantellement sur place du Dinantien.

Tufs des Jocquets. — Environ 200 m. avant la ferme des Jocquets, se montrent en place des bancs de tufs albitophyriques, gris verdâtre, presque horizontaux ; ils sont bien visibles dans un trou de mare, creusé dans la ferme même, et contiennent des empreintes remarquablement conservées de tiges d'encrines ; à l'œil nu, ils constituent une roche à grains assez grossiers, à cassure grenue, qui pourrait être prise pour une simple arkose ; au microscope, ils se montrent presque uniquement formés de cristaux de feldspath (albite, orthose), intacts ou cassés anguleusement, cimentés par du quartz secondaire, avec des parties vitreuses et des débris de véritables albitophyres. La présence, en leur sein, de restes organisés. laisse supposer qu'ils se sont formés sous l'eau, au voisinage d'un rivage, soit par projections, soit par coulées boueuses.

Il est intéressant de s'avancer de quelque 300 mètres sur le chemin remontant vers les Jollinets ; les tufs y apparaissent entremêlés de quelques minces bancs grisâtres de vraies lydiennes, uniquement quartzeuses, à cassure conchoïdale et sans grain visible, contenant également quelques rares débris organisés (Spongiaires ?).

Des schistes surmontent le tout ; leur direction devient N. 120° E., avec pendage de 20° vers le N. E.

Si, de la ferme des Jocquets, on descend au contraire vers le Sud, on arrive, après 200 m. environ, à un petit étang dont le rivage présente un arrachement dans des schistes assez décomposés, à une altitude d'environ 20 m inférieure à celle des tufs ; ces schistes passent certainement sous les tufs ; ils sont dirigés N. 175° E. avec un pendage de 10° vers l'Est.

Les tufs des Jocquets, apparaissant dans les schistes, au-dessous d'un Dinan-

tien démantelé, sont absolument identiques à ceux que nous avons rencontrés à l'Est des carrières de Gilly, entre les ponts de la route et du chemin de fer; même faciès, même composition minéralogique, présence des mêmes restes organisés, même situation stratigraphique ; enfin, dans les deux endroits, mêmes intercalations de minces bancs de lydiennes gris clair

Allant rejoindre un peu au Sud le chemin qui, de Fontête, conduit au Vollerot (Voulterot de la carte E.-M.), la coupe reste d'abord dans les schistes psammitiques plus ou moins décomposés, puis traverse un peu après le passage du ruisseau de Fontête, des bancs calcaires bien visibles dans la remontée du chemin, vers la ferme de Vollerot ; deux bancs principaux d'un calcaire blanc grisâtre semblent pendre assez rapidement vers l'Ouest ; plus haut, le chemin traverse des tufs et des albitophyres, au milieu de schistes ; les calcaires forment donc, ici comme à Fontête, une voûte anticlinale, ouverte en boutonnière dans un fond de vallée ; on les retrouve un peu plus au Nord en face des Jollinets ; ils sont très vraisemblablement frasniens, étant des réapparitions du calcaire de « la Vallée ». Nous retrouvons ici la succession, grès et poudingues tournaisiens, tufs et schistes famenniens, calcaires frasniens, relevée aux environs de Gilly ; succession qui confirme l'âge frasnien des réapparitions calcaires de la vallée de Fontête et de celle du Sauvigny.

La descente vers le ruisseau de Sauvigny se fait dans des schistes très plissés ; le long du Bois Thillet, sur le chemin qui va vers « les Vaux ». apparaît un albitophyre ; immédiatement après la traversée du ruisseau, c'est également un albitophyre (N. N. E.) qui forme le premier escarpement ; les schistes, déjà durcis et probablement micacés, se chargent bientôt de taches puis deviennent franchement maclifères à 300 m. à l'Ouest de la ferme des Mirandeaux.

Calcaire des Mirandeaux. — M. Castanier, directeur des mines de Chizeuil, a bien voulu m'indiquer l'emplacement exact d'une ancienne recherche de calcaire, qui m'a fourni d'intéressants échantillons ; la carrière, depuis longtemps abandonnée, est ouverte au milieu des schistes maclifères sur le chemin qui monte du ruisseau de Sauvigny à la ferme des Mirandeaux, au S. O. de cette dernière. On ne trouve plus que quelques débris de la lentille calcaire presque complètement épuisée ; cette lentille se dirige N. 30° E. et repose sur un granite à grains assez fins, surmicacé, malheureusement très décomposé ; il est traversé par quelques filons aplitiques, visibles au fond de la carrière. Le calcaire, par endroits blanc et marmoréen, à grain très fin, contient des bancs verdâtres, puis franchement noirâtres, durs et cornés. Les parties blanches se sont montrées, au microscope, chargées de mica blanc et de grenat ; les parties cornées sont très pyroxéniques et amphiboliques.

En remontant des Mirandeaux vers la Fayette, on entre dans une région assez couverte où les débris de roches, dans les champs, donnent seuls des indications ; les tufs albitophyriques y abondent ; nous verrons par l'étude d'échantillons recueillis en place, un peu plus au Nord, que ces tufs paraissent contenir des minéraux nouveaux, dus au métamorphisme. En tous cas, ils sont, encore ici, au-dessus des bancs calcaires ; la lentille calcaire des Mirandeaux peut donc être

considérée comme frasnienne ; elle a un intérêt tout particulier, en ce sens que c'est la seule qui m'ait offert dans cette région des termes de passage d'un métamorphisme ménagé entre le calcaire intact, les cornes amphiboliques et les diorites franches. Elle est la réapparition de la bande calcaire aux dépens de laquelle se sont formées les diorites de Cortot.

Schistes maclifères et quartzites feldspathisés entre La Fayette et Mont Perroux. — A La Fayette, nous rejoignons la vieille route de Bourbon à Digoin ; elle passe, dans sa descente vers le ruisseau de la Creuse, sur des schistes maclifères vraisemblablement famenniens ; après le pont sur la Creuse, s'ouvre, sur la droite, une ancienne carrière dans une roche cornée foncée, de couleur lie de vin ou verdâtre, qui se montre au microscope très riche en mica et en feldspaths naissants (orthose, albite) ; c'est une roche intermédiaire entre le schiste et le quartzite micacés et feldspathisés ; dans la montée vers Mont-Perroux, la roche devient plus franchement quartziteuse, chargée surtout de mica blanc et de feldspath. C'est ce type de quartzite blanc, très riche en mica blanc, de passage à des granulites, que nous trouverons, en grande masse, à Chizeuil ; deux puissants filons de granulite recoupent le chemin avant Mont-Perroux ; le second formant transition entre les terrains métamorphiques et le granite franc. Ce granite au contact est d'abord à éléments fins, assez microgrenu et ne devient à grands éléments que quelque cent mètres plus loin vers l'Est.

Je n'ai pu dans cette dernière partie de la coupe relever que fort peu de pendages ; une carrière dans les schistes au bord du ruisseau de Sauvigny, au Nord de la vieille route de Bourbon à Digoin, près de La Bussière, donne une direction N. 25° E avec pendage vers l'Ouest de 30°. A La Fayette, les schistes maclifères semblent presque E.-O. avec pendage vers le Nord. Il est donc difficile de savoir quelle est ici la position exacte de ces quartzites métamorphisés, de faciès très spécial, au contact du granite, par rapport aux schistes et tufs qui les précèdent à l'Ouest. Je ne les ai rattachés à la base du Dinantien qu'après les avoir retrouvés et étudiés aux environs de Luzy et du Mont-Beuvray.

Vers la ferme de Mont-Perroux, la présence de nombreux débris de quartz, chargés d'hématite, ressemblant à ceux qui forment la butte de Chizeuil, permet de supposer la prolongation vers le Sud des filons de quartz qui la traversent.

Résumé de la coupe n° III. — L'intérêt de la coupe n° III réside dans les faits suivants :

1° Superposition des grès à plantes sur les schistes à Cypridines, établie aux environs de Charmes ;

2° Réapparition aux Jocquets des tufs à tiges d'encrines du Famennien de Gilly, au-dessus des lentilles calcaires de l'Est ;

3° Contact d'une de ces lentilles calcaires avec le granite, aux Mirandeaux.

Au point de vue tectonique, on retrouve toujours les deux aires anticlinales I et II de l'Est et de l'Ouest ; celle de l'Est encore dédoublée en deux anticlinaux secondaires, I et I' qui ont une tendance marquée à se rapprocher.

L'aire synclinale intermédiaire se relève, de telle façon que sa profondeur, par

rapport aux aires anticlinales voisines, diminue sensiblement; on avance vers une région de grande plateur.

Coupe n° IV *passant par Bourbon-Lancy, Le Moulin du Roi Bas-Morin, Le Troncy, Chizeuil* (Pl. VII). — Cette coupe nous transporte à environ 4 km. plus au Nord, en plein centre de la région où le Famennien se montre fossilifère en même temps qu'il prend sa plus large extension.

Elle débute à Saint-Léger, faubourg même de Bourbon-Lancy, où jaillissent des eaux thermales, connues depuis l'époque romaine.

Environs immédiats de Bourbon-Lancy. — Le territoire de Bourbon-Lancy et ses environs immédiats présentent, dans leur complexité, un intérêt spécial. La superposition des poudingues caractéristiques du Dinantien inférieur sur les schistes famenniens et leur relation avec les grès arkosiens que nous avons fréquemment rencontrés plus au Sud, y apparaissent avec une grande clarté; des coulées d'albitophyres et des filons de microgranulites percent l'ensemble de ces terrains; le tout est limité vers l'Ouest par la prolongation de la faille terminale du Morvan, d'où sortent les sources très chaudes de Bourbon-Lancy; cette faille apparaît ici comme la réouverture d'un filon de quartz de l'âge des arkoses triasiques.

Sur la route de la gare P.-L.-M. à Bourbon-Ville, après la traversée monotone du pays, doucement ondulé, qui borde la rivière de la Somme et la Loire où le Tertiaire argilo-sableux et le calcaire à phryganes succèdent aux alluvions, on arrive au pied d'une côte rapide qui s'élève sur une butte de terrains anciens, haute de 40 m., sur laquelle la ville est bâtie.

Filons de quartz de la faille limite. — Une route, au pied de la côte, conduit sur la rive gauche du ruisseau qui draine les eaux de la montagne du Mont au N. E., contourne la butte de Bourbon en l'affouillant au S., puis se dirige directement à l'Ouest, vers la Loire. C'est la route de Saint-Léger à Perrigny. Elle passe devant l'établissement thermal, construit au pied d'une muraille verticale de 5 à 10 m. de haut, constituée par un filon de quartz N. 30° E., à l'Est duquel commence la série ancienne; cinq sources thermales, à environ 10 mètres les unes des autres, jaillissent au pied de cette muraille, alignées presque parallèlement à elle ; leur température élevée (58°) dénote une origine profonde, d'environ 2.000 m., qui indique une réouverture de la faille terminale. La direction N. 30° E. déjà signalée, est confirmée par la réapparition du filon de quartz et de la faille à l'entrée du chemin d'Arcy, sur la route de Maltat, à 1 km. au N. E. de Saint-Léger. Une importante carrière est ouverte en cet endroit (à 100 m. du chemin sur la gauche) dans le filon exploité pour moellons; la fluorine violette et verte y est abondante; à côté de cette carrière, on en trouve deux autres vers le N. O., ouvertes, sur la route de Maltat, dans des argiles tertiaires qui servent de terre à brique (tuilerie de la Praye).

Filons d'albitophyres. — Dans les maisons de Saint-Léger, après le passage du filon de quartz, la route de Perrigny traverse deux puissants filons d'un albitophyre très quartzifié et décomposé dont la direction est N. 30° E. ; les déblais

d'un puits creusé à la ferme de Montplaisir sur le chemin qui passe derrière l'établissement et conduit à Surbains, sont entièrement constitués par des débris de cette roche; elle est pétrographiquement tout à fait comparable à celle que nous trouverons au Moulin-du-Roi, interstratifiée dans les schistes famenniens, et constitue le flanc S. O. très abrupte de la butte de Bourbon. Une carrière, activement exploitée entre Arcy et le chemin de « En Mont », est ouverte dans un semblable albitophyre, mieux conservé, qui paraît ici interstratifié dans des schistes dirigés N. 40° E. et pendant presque verticalement (80° O.).

Des filons de microgranulite, dont la direction est un peu plus accentuée vers l'Est, traversent les précédents; l'église même de Bourbon est construite sur l'un d'eux; on le suit aisément sur le chemin qui descend vers le cimetière; un autre filon de microgranulite forme le talus de la route qui du haut de Saint-Léger rejoint le cimetière.

Schistes famenniens de Saint-Léger à Bel-Air. — Les terrains percés par ces nombreux filons sont uniquement formés par des schistes à grains fins, bien visibles dans les fossés de la route; sur la montée avant Bel-Air, ces schistes verts foncés, psammitiques, sont souvent décomposés et deviennent alors jaunâtres ou rougeâtres, se brisant en de nombreux morceaux avec cassures plus ou moins conchoïdales.

Au pied de la butte de l'église, les filons de microgranulites passent à des variétés granitoïdes; il semble que l'on approche d'une bosse granitique de demi-profondeur. En même temps, à l'embranchement de la route de Bel-Air et de celle du cimetière (rive droite du vallon), les schistes famenniens deviennent maclifères, et nous avons sur un espace restreint une auréole de métamorphisme granitique rappelant celle que nous avons précédemment trouvée un peu au Nord de la carrière de Gilly et dans laquelle apparaît une roche dioritique. Ces constatations font penser que le placage paléozoïque, sur le substratum granitique, est partout mince; elles ne sont pas en faveur de l'hypothèse d'un charriage qu'il ne faut pas repousser *a priori* dans ce pays de plateur, mais qui aurait alors entraîné le granite en même temps que les schistes paléozoïques.

La direction des schistes famenniens, en bas du chemin de Bel-Air, est N. 20° E. et leur pendage, d'abord de 40° E., diminue à mesure que l'on monte, devient de 15 à 20° E., puis presque nul à la bifurcation des chemins de Perrigny et de Bel-Air, où les schistes apparaissent horizontaux au-dessus d'un puissant albitophyre, exploité en carrière.

J'ai trouvé dans ces schistes un lit assez riche en Cypridines (*Entomis serratostriata* Sandb.) et quelques empreintes de petits Brachiopodes; deux petits filons-lits d'une aplite claire ont pénétré entre les lits schisteux; la fin de la montée reste dans ces schistes, traversés vers le haut par quelques bancs gréseux, jusqu'au bois du Four qui croît sur un revêtement sableux, à galets.

Nous n'avons pas quitté les schistes famenniens depuis la faille terminale, sur cette route de Bel-Air; avant de poursuivre la coupe vers l'Est, il est indispensable de nous engager sur deux autres routes qui s'écartent de Bourbon vers

l'Est et vers le Nord et le long desquelles nous allons recueillir quelques données intéressantes.

La vieille route nationale, aujourd'hui déclassée, de Nevers à Mâcon par Charolles, sort de la ville au N. E., descend rapidement dans des schistes sur le flanc droit du vallon de Bourbon et traverse la rivière pour se diriger vers le cimetière ; une carrière est ouverte en face du cimetière dans une roche assez dure, très chloritisée, exploitée pour l'empierrement, dans laquelle dominent les schistes silicifiés et tuffacés, avec des débris d'albitophyres décomposés.

Arkoses et poudingues après le cimetière — A 200 m. de là, une nouvelle route se détache sur la droite, qui conduit vers « les Buttes ». Tandis que la vieille route nationale monte d'environ 6 0/0, la nouvelle route est d'abord horizontale sur 30 m. de long, tout en lui restant parallèle ; le talus compris entre les deux routes présente un réel intérêt (fig. 6).

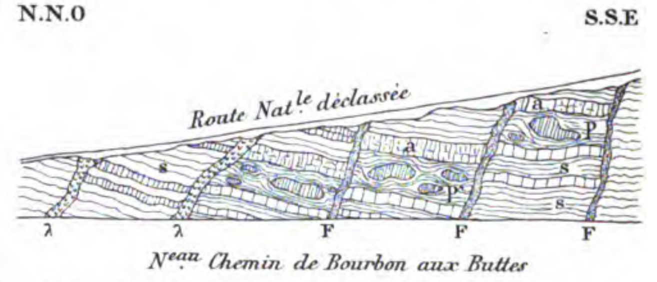


Fig. 6. — Talus du chemin du cimetière de Bourbon-Lancy aux Buttes, sous l'ancienne route nationale de Nevers à Mâcon, dans le Tournaisien.

a. Bancs d'arkoses, p. poudingues arkosiens à galets d'arkose, s. schistes, λ. porphyrite micacée, F. failles. Echelle 400e (hauteurs amplifiées 4 fois).

A mi-hauteur apparaît une couche à gros galets roulés, contournés par de minces lits de grès arkosiens qui épousent parfaitement leur forme (direction N. 45° E., pendage S. E. 20°) ; les galets, plus ou moins ellipsoïdaux, atteignent 10 à 20 cm. dans leur plus grande dimension ; ils sont eux-mêmes entièrement constitués par l'arkose, qui, remaniée, a formé la gangue entourante. La couche a 20 ou 30 cm. d épaisseur ; elle est interstratifiée dans une série de schistes gris verdâtre, en lits minces, alternant avec des bancs arkosiens à cassures prismées ; trois petites failles en escalier, avec abaissement à l'Ouest de 20 à 40 cm., transparaissent clairement et ne sont qu'un faible reflet de l important jeu de fractures qui prélude à la faille terminale Deux filons de porphyrite micacée traversent le talus à son extrémité Ouest.

Ces arkoses en partie remaniées, alternant avec des lits de poudingues, sont identiques à celles que nous avons eu l'occasion d'étudier au-dessus des schistes famenniens à Charmes, entre autres, et que nous retrouverons au Moulin du-Roi ; elles sont ici en relation évidente avec les poudingues caractéristiques du Tournaisien qui affleurent sur la rive droite du vallon de Bourbon et que nous allons

toucher sur la route de Chalmoux ; elles doivent être considérées comme appartenant à la base du Tournaisien, constituant un faciès particulier du cordon littoral que nous aurons l'occasion de suivre vers le Nord.

Gisement fossilifère de la vieille route nationale près Bourbon-Lancy. — Ces arkoses ne s'enfoncent point en profondeur dans la colline des bois de St-Marc, sur laquelle la vieille route continue de monter; une faille les fait butter contre des schistes famenniens qui ont à peu près même direction N. 40° E. et un pendage plus faible Une patiente recherche dans un trou de champ, sur la gauche (entre *r* et *b* de Bourbon, E.-M.), m'a donné une empreinte de *Dechenella* cf. *pusilla* Gürich, assez complète, et quelques traces de Bivalves. Au sommet, les bois de St-Marc sont sur une alluvion à cailloux roulés (chemin des Narauts).

Poudingues et schistes tournaisiens au N. de Bourbon-Lancy sur la route de Chalmoux. — Revenons sur nos pas et engageons-nous sur la route de Chalmoux ; à 400 m. de la sortie de Bourbon, sous la première maison de « En Borne », affleure un poudingue noir verdâtre, contenant surtout des galets de quartz et de quartzites plus ou moins impressionnés et, en moins grande abondance, des galets d'albitophyres ; les galets de quartzites sont accompagnés de galets d'arkoses, dont le degré de silicification est moindre et qui rappellent exactement ceux que nous venons de voir près du cimetière. L'existence d'opale dans certaines fentes de ces poudingues rappelle la proximité de la grande faille-limite.

Rien ne permet de distinguer ce poudingue de Bourbon-Lancy de celui qui, dans les carrières de Conneuf, près de Ternant, se trouve à la base des schistes fossilifères dinantiens de St-Seine.

Sa direction N. 30° E. et son pendage de 30° S. E. permettent de supposer qu'il appartient exactement au même horizon que l'arkose du cimetière ; ainsi se trouve confirmée l'hypothèse, préalablement faite, que toutes les arkoses à plantes, rencontrées vers le Sud, sont de la base du Tournaisien ; par l'intermédiaire des grès à plantes de Saint-Aubin et de Charmes, elles passent en effet à ces arkoses du cimetière de Bourbon et au poudingue tournaisien franc de « En Borne ».

On trouvera sur la coupe n° IV (Planche VII), représentée au second plan, en arrière de St-Léger, la butte de Bourbon portant son revêtement de poudingue, première apparition de cette formation dinantienne, bien certaine, qui nous sera si précieuse pour continuer vers le Nord l'étude stratigraphique commencée.

Résumé sur les environs de Bourbon-Lancy. — Pour résumer en quelques mots la description des environs immédiats de Bourbon-Lancy, je rappellerai d'abord l'extension très générale du substratum de schistes famenniens avec deux points fossilifères à Bel-Air et sur la vieille route nationale ; l'apparition vers le N. O. des poudingues tournaisiens qui, venant du Nord, se font couper par la faille terminale; l'existence d'un lambeau d arkose, formant passage des poudingues tournaisiens du Nord aux arkoses du Sud ; un pendage général et

faible vers l'Est avec des escaliers de failles abaissant les couches à l'Ouest et précurseurs de la grande faille limite, dans laquelle s'élèvent les sources thermales; de nombreux filons d'albitophyres famenniens et de microgranulites; une silicification considérable et une grande décomposition de tous les terrains, due à la circulation des eaux souterraines dans les failles; enfin une auréole de métamorphisme granitique en plein Famennien

Suite de la coupe n° IV Le Moulin-du-Roi. — Revenons sur la route de Perrigny au-dessus de Bel-Air, afin de suivre la coupe vers l'Est.

Dès le haut de la descente dans le vallon du Vezon, on sort de la couverture alluviale très mince, pour retrouver les schistes famenniens, d'abord horizontaux, puis plongeant vers l'Ouest (40°); ces schistes se continuent jusqu'au bord du ruisseau, mais les pendages et les directions varient plusieurs fois, N. 100° E. pendage 10° N., puis E.-O. pendage 10° S., enfin avant le pont, N. pendage 10° E.

Albitophyres sur le bord du Vezon. — En bas de la descente, une masse puissante Nord-Sud d'un albitophyre vert noirâtre à vacuoles remplies de sphérolites de calcite, est interstratifiée dans les schistes; elle affleure sur les deux rives du Vezon et est exploitée dans deux carrières à droite de la route, avant et après le pont, pour l empierrement. Si l'on suit vers le Sud le cours du Vezon jusqu'à son affluent qui lui vient de Charmes, on retrouve dans les bois de Germigny, trois ou quatre affleurements de cet albitophyre vacuolaire, en coulées au milieu des mêmes schistes fins, noir verdâtre; ces coulées sont donc presque ininterrompues à ce niveau, formant un faisceau N. N. E., parallèle aux couches schisteuses, depuis la carrière où nous les avons précédemment étudiées, au N. O. de Charmes, jusqu'à Givalois. Nous les verrons affleurer en quelques points, plus vers l'Est : au S. O. des Camus, dans un trou de champ, au S. O. de Navillard. Je signalerai deux minces filons de porphyrite micacée (lamprophyre) N. 55° E., sur la rive droite de l'affluent qui descend de Charmes dans le Vezon, près de son confluent avec lui (sous *le* de le Vezon E.-M.).

Un filon de porphyre à quartz globulaire traverse le chemin de la Tuilerie de Vezon au Bois du Vigneau; une bosse de granulite est exploitée en carrière, dans le vallon, à l'Est de Bons-Barbiers.

Gisements fossilifères à Givalois et au Moulin-du Roi. — Une recherche attentive dans les schistes sur la rive droite du Vezon, aux abords du pont, m'a fourni quelques résultats à signaler : sur le chemin de la ferme de Givalois, les schistes, inférieurs à la coulée albitophyrique, contiennent quelques rares et minces bancs à Cypridines (*Entomis serrato-striata* Sandb.). De même sur le vieux chemin qui se greffe sur la droite de la route nouvelle, 200 m. avant le pont, les schistes également inférieurs aux albitophyres contiennent quelques lits à Cypridines (surtout 50 m. avant la rivière).

J'insiste avec intention sur les rares empreintes recueillies dans ces schistes d'aspect vraiment azoïque, inférieurs aux albitophyres du Vezon; car nous allons trouver à quelque cent mètres vers l'Est sur la rive droite du Vezon, dans les schistes immédiatement supérieurs à ces roches, la faune qui m'a per-

mis d'affirmer l'existence du Famennien dans cette région. La présence relativement fréquente des mêmes *Entomis* dans les schistes inférieurs et dans les schistes supérieurs aux albitophyres. permet de les comprendre dans une même série.

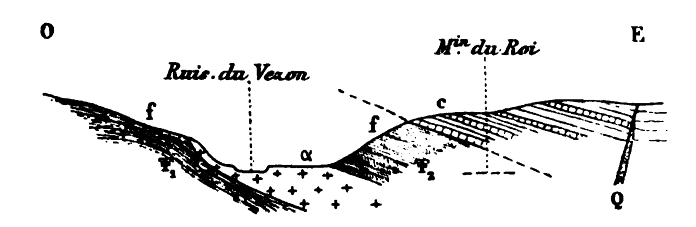


Fig. 7. — Coupe sur la route de Bourbon à Perrigny ; gisement fossilifère du Moulin-du-Roi.

c. Arkoses et schistes tournaisiens, f. schistes famenniens, (F_1. Cypridines, F_2 Goniatites et Clyménies), α. albitophyre, Q. filon de quartz. Echelle 3.000 (hauteurs amplifiées 5 fois).

Après le pont sur le Vezon, la route passe devant la deuxième carrière d'albitophyre, puis, 20 m. plus loin, elle entame en tranchée sur sa droite la colline de Navillard (point 283, E.-M.) et s'élève au-dessus du Moulin-du-Roi ; les couches schisteuses sont N.-S. en cet endroit et plongent d'environ 20° vers l'Est ; à 30 m. du pont, j'ai trouvé une couche située à 1 m. 50 au-dessus du fond du fossé, contenant en assez grande abondance, sur 20 cm. d'épaisseur environ, des Goniatites, des Clyménies, des Trilobites et d'autres organismes ; l'état de ces empreintes, provenant généralement de débris de coquilles, est fort médiocre, les schistes ayant subi des froissements intenses. J'ai pu néanmoins rapprocher quelques-unes d'entre elles d'espèces ou de genres connus :

Phacops aff. *cryptophtalmus* Emm.
Dechenella cf. *pusilla* Gür.
Entomis serrato-striata Sandb.
Chiloceras sp.
Pseudoclymenia Sandbergeri Frech.
Meneceras sp.
Clymenia sp.
Oxyclymenia cf. *striata* Gümb.
Gonioclymenia aff. *pessoides* L. v. Buch, et *plana*, Mstr.
Gonioclymenia cf. *plana* Mstr.
Gonioclymenia cf. *speciosa* Mstr.
Orthoceras sp.
Pleurotomaria sp.
Loxonema sp.
Hyolites sp.
Nucula sp.

Strophomena sp.
Chonetes sp.
Orthis sp.
Terebratula sp.

Les Goniatites et Clyménies de ce gisement caractérisent avec certitude le Famennien et vraisemblablement un niveau supérieur de cet étage (voir chapitre IV). Les Trilobites sont très voisins d'espèces famenniennes; les Cypridines trouvées atteignent leur maximum au Famennien. Il s'agit bien là de niveaux famenniens; aucun des genres de Gastéropodes, de Lamellibranches ou de Brachiopodes reconnus, ne s'oppose à cette conclusion.

Mais, alors que les Clyménies se rencontrent dans les Provinces Rhénanes, le Harz, l'Oural, la Montagne noire, le Sahara oranais, au sein de calcaires en bancs continus, ou en couches noduleuses interstratifiées dans des schistes à Cypridines, elles ne paraissent nullement accompagnées, dans le gisement du Moulin-du-Roi, par le faciès calcaire; elles y sont en mélange avec les Cypridines, dans les schistes purement psammitiques.

Une période de retrait de la mer s'est manifestée très rapidement après ces dépôts. Environ 10 m. plus haut en effet, les schistes sont entremêlés de bancs gréseux à plantes, contenant aussi des tiges d'encrines, qui sont à rapprocher des formations arkosiennes de la base du Tournaisien.

Ces couches viennent butter, au droit des maisons de Navillard, contre un filon de quartz N. 180° E., exploité pour moellons dans une carrière sous la route, et qui se retrouve sur l'autre rive, sous le Bois-du-Four; les grès à plantes se rencontrent également entre la ferme de Givalois et le Bois-du-Four, mais ils ont subi une torsion vers l'Ouest et sont devenus presque N. O. avec pendage Sud.

Gisement fossilifère de Surjeu. — De l'autre côté de ce filon-faille, les schistes famenniens recommencent; une carrière avant Surjeu, après la traversée d'un petit affluent du Vezon, m'a permis d'y trouver *Entomis serrato-striata* Sandb. et des débris de plantes; les schistes en cet endroit sont horizontaux.

Canal d'irrigation du Moulin-du Roi à Bas-Morins. — La coupe E.-O., que nous poursuivons, quitte, au Moulin-du-Roi, la route de Perrigny qui va trop au Sud, pour suivre un petit canal d'irrigation fraîchement creusé dans les champs sur la rive droite du Vezon jusqu'à Bas-Morins.

Les schistes famenniens sont presque horizontaux; puis un albitophyre vacuolaire s'intercale sur environ 100 m.; des schistes et des tufs albitophyriques forment ensuite une voûte de faible envergure qui vient butter contre une région très brisée et froissée, au milieu de laquelle apparaît une roche granitoïde, rappelant une microsyénite.

Les schistes famenniens portent, autour de la ferme de Bas-Morins, la trace de nombreux froissements; voici quelques directions et pendages relevés : sur la rive droite, du Vezon N. 145° E. pendage N. E. 10°; sous les maisons de la rive gauche, N. 55° E. pendage S. E. 5°; à droite du point 255, N. 35° E. pendage

S. E. 10°; sur la rive gauche, en face des Moinats, N. 15° E. pendage E. 20°. Dans l'ensemble, les schistes sont assez horizontaux, avec tendance au pendage vers l'Est; mais ils se redressent bientôt pour former une large voûte, très aplatie, qui va s'enfoncer, à l'Est de Chalmoux, sous les quartzites.

Région microgranitique du Zerne Noyer et des Philippes. — La région comprise entre les Philippes, les Chevannes et Chalmoux, emprunte à ses nombreuses sorties microgranitiques et à une montée granitique, un caractère intéressant. Sur la route de Bas-Morins à Chalmoux, au-dessus des maisons de Zerne Noyer, on rencontre un filon d'une microgranulite passant au microgranite; un peu plus loin affleure dans des schistes durcis une roche, plus granitoïde encore, se rapprochant d'une syénite, malheureusement très décomposée; la proximité du granite en profondeur, que fait prévoir l'existence en surface de ces roches, s'affirme lorsqu'on descend au village des Philippes où les schistes deviennent franchement maclifères sur une superficie d'environ 500 m. c. à la sortie Nord-Ouest des maisons. Ainsi, partout se manifeste l'antériorité du Famennien au granite.

Les schistes autour de Chalmoux. — Un filon de quartz, N. 165° E., limite vers l'Est cette première auréole granitisée, bien nettement distincte de la bordure métamorphique de la grande masse granitique de Luzy. En effet, les schistes en descendant vers Chalmoux sont intacts; à 200 m. à l'Est de Chalmoux sur le chemin de Sauvigny, un arrachement au bord d'une mare les montre dirigés N. 160° E., pendage 30° E.; ils s'enfoncent en cet endroit franchement sous les formations que nous rencontrerons en bordure même du granite.

Sur la route de Chalmoux à Perrigny, on observe aisément ces mêmes schistes non métamorphisés; notamment dans des trous de champs sous « les Dubois » (E.-M.), où j'ai trouvé des empreintes vermiformes plus ou moins enroulées, à rapporter à des Néréides, comme il en existe d'ailleurs dans les schistes du Moulin-du-Roi, dans une carrière sur la gauche, en face du Troncy (N. 45° E. pendage N. O. 20°) avec quelques intercalations de bancs noirs plus gréseux, enfin dans la première montée vers le Sud, dans laquelle les schistes des fossés contiennent des débris végétaux et des empreintes rectilignes, en forme de petites baguettes blanchâtres.

Si nous avançons quelque peu vers l'Est, nous arrivons très rapidement à la zone métamorphisée de bordure du granite; les schistes deviennent en effet maclifères autour de la Bussière, aux Bopery et aux Mirandeaux.

Schistes, albitophyres et tufs famenniens au S. E. de Chalmoux. — Il n'y a aucune raison de distinguer ces schistes de tous les schistes famenniens que nous venons de traverser; le gisement de plantes en face du Troncy présente exactement le même faciès que les gisements famenniens de l'Ouest; la présence de nombreux albitophyres et de tufs, interstratifiés dans ces schistes, confirme cette assimilation. On en rencontre quelques carrières ouvertes au Sud de Chalmoux : en face du Troncy sur la rive gauche du Fontète, au point 274 à l'Est du Colombier; sur la route de Chalmoux à Perrigny, immédiatement après la croisée

de la vieille route nationale de Bourbon à Charolles; enfin, un peu à l'Ouest de la Bussière.

Un puissant amas de tufs albitophyriques, long de 4 à 5 km., large, par endroits, de 1 km, s'intercale entre les schistes que nous venons de voir et les quartzites à mica blanc, qui bordent exactement le granite. Ces tufs, intéressants par leur situation dans une zone métamorphisée, m'ont offert quelques particularités nouvelles. Ils ne sont ni entièrement continus, ni homogènes.

Sur le chemin de la Bussière au Bois des Mirandeaux, ils apparaissent au-dessus des schistes, après la traversée du ruisseau de Sauvigny ; avant l'entrée du bois, ils deviennent amphiboliques ; des schistes maclifères que nous avons déjà vus à La Fayette, plus au Sud, leur succèdent vers l'Est.

Sur la route de Chalmoux à Sauvigny, au bas de la descente qui précède le village, un véritable albitophyre les traverse.

De même sur le sentier de Le Meix aux Fougères, la descente à l'Est de Le Meix est en entier sur un albitophyre vacuolaire dont les coulées sont dirigées N. 45° E. avec pendage de 50° vers le S.E. ; le village même de Le Meix est établi sur une intercalation schisteuse au milieu des tufs.

Enfin sur la route de Chalmoux au Neuvy-Grandchamp, à la sortie des maisons du Pontot, un albitophyre forme le soubassement d'une série de tufs dont les échantillons, recueillis au point 352, à l'Est de le Montillon, présentent des indices certains de métamorphisme granitique; naissance de mica noir et de feldspath à côté des cristaux brisés originels et quartzification très intense.

Granulite de Sauvigny. — Un important massif de granulite allongé du Nord au Sud, entre la Commanderie, Sauvigny et Pont-Mathieu, s'intercale entre les schistes et les tufs famenniens d'une part, et les quartzites à mica blanc d'autre part, très développés au Gardier, à la colline de Chiseuil et à Saint-Laurent ; cette granulite rend difficile l'étude des relations stratigraphiques entre le Famennien et les quartzites très métamorphisés.

Quartzites de Chiseuil. Butte et mines de Chiseuil. — Les quartzites de Chiseuil sont constitués par d'abondants grains de quartz, nourris de quartz secondaire, entremêlés de nombreuses paillettes de mica blanc avec du mica noir bien plus rare ; contenant, par endroits, des débris feldspathiques kaolinisés et formant, dans l'ensemble, une roche blanche, saccharoïde, pénétrée de pyrite de fer avec un peu de pyrite cuivreuse, très peu de galène et de blende, ils se désagrègent facilement en sable blanc. Il y a passage insensible de ces quartzites à la granulite qui affleure en de nombreux pointements (entre le Garolier et chez Pinot, entre la Creuse et Mont-Perroux).

Ce sont ces quartzites mêmes qui constituent la roche imprégnée de pyrite, exploitée avec succès dans la butte de Chiseuil ; trois puits de mine ont été forés à l'Ouest du signal 493 (E.-M.) sur un alignement N. 160° E.; dans celui du Nord, le granite a été trouvé à faible profondeur, avec, à son contact même, un quartzite très feldspathisé, devenu cohérent et à apparence gneissique ; un filon de microgranulite et un filon de lamprophyre, tous deux N. N. O., se retrouvent dans les galeries divergentes des trois puits ; le sommet de la butte est entière-

ment rubéfié par les oxydes de fer qui furent autrefois exploités en minières par le Creusot. Dans des cavités de limonite scoriacée se trouvent des cristaux tabulaires de barytine, signalés par M. Lacroix en 1884 [44] et dont M. Castanier, directeur de la mine, a bien voulu me remettre récemment de très beaux échantillons.

L'imprégnation pyriteuse se fait par poches et traînées discontinues dans une roche très métamorphisée, au contact presque immédiat du granite.

Ce gisement affecte donc le caractère d'un gîte de contact (stockwerk), et non d'un gîte filonien.

On remarquera l'abondance des dikes de granulite au voisinage du contact du granite et de ces quartzites. J'ai longtemps hésité, quant à l'âge à attribuer à ces quartzites très spéciaux de la bordure du granite, autrefois réunis avec la granulite (Hyalomicte pyriteuse de Chiseuil); ce n'est qu'après en avoir trouvé de nouveaux gisements à l'Ouest de Tazilly et de Luzy, en relation évidente avec les formations arkosiennes et les poudingues du Dinantien, que je les ai considérés comme résultant d'un métamorphisme avancé de quartzites tournaisiens ; on verra plus loin l'abondance de ces quartzites à faciès lustré dans les lambeaux de même formation, sur la feuille de Château-Chinon, et leur présence à l'état de galets dans tous les poudingues des environs de Ternant. Les pendages des couches schisteuses et tuffacées qui les précèdent à l'Ouest confirment généralement cette conception; ces couches pendent vers l'Est et paraissent s'enfoncer sous les quartzites, venant s'engager dans le granite.

Le granite, à l'Est de la butte de Chiseuil, ne devient à grands cristaux qu'à plusieurs centaines de mètres du contact. Dans la première zone, il est à éléments fins, percé constamment de granulite fine et de microgranite. On trouve un peu au Sud de « la Peau » du granite à grands cristaux, exploité en carrière.

Résumé de la coupe n° IV. — Voici, en résumé, les principaux résultats mis en évidence par la coupe n° IV : existence d'un Famennien très étendu, recouvert à l'Ouest par des poudingues carbonifères, à l'Est par une formation quartziteuse équivalente, mais très métamorphisée.

Au point de vue tectonique, les deux anticlinaux de l'Ouest et de l'Est existent encore, mais sont moins marqués ; l'axe du premier (II), passant à l'Ouest de Bas-Morins ; le second (I) ne présentant plus un dédoublement bien net en deux anticlinaux secondaires et passant à l'Est de Chalmoux ; l'aire synclinale intermédiaire est sensiblement relevée, ne présentant plus trace du Dinantien ; elle est intéressée par l'action métamorphisante du granite suivant une large tache aux environs des Philippes. On peut, en faisant abstraction des détails, concevoir l'ensemble des terrains traversés par cette coupe comme constituant une plateur centrale, remplaçant le synclinal tournaisien des bords de la Loire et présentant deux retombées, l'une contre la faille limite du Morvan, l'autre contre le granite.

Région comprise entre Bourbon, Chalmoux, Le Devant, Cressy-sur-Somme. — Pour hâter la description de cette région qui fait suite au Nord

à celle déjà étudiée, sans apporter grande connaissance nouvelle dans la succession stratigraphique, nous abandonnerons momentanément la méthode par coupes transversales et nous envisagerons les formations géologiques dans leur sens longitudinal, en commençant par celles de l'Ouest.

Bande des poudingues et grès carbonifères de l'Ouest. — A la première apparition de poudingues tournaisiens caractéristiques, signalés à la sortie de Bourbon-Lancy, après « En Borne » sur la route de Chalmoux, font suite des affleurements, tantôt de poudingues et d'arkoses, tantôt d'arkoses seules, se reliant presque sans interruption, suivant une assez mince zone N. N. E. en bordure du Tertiaire de Bourbon, jusqu'à Maltat, zone qui est masquée pendant environ 3 km. au Nord de Maltat pour réapparaître au Devant avec une continuité remarquable vers Mont-d'Azy et Ternant.

Sur la route qui, de Bourbon, va vers Fréminet et le signal de Mont (472, E.-M.), un banc de poudingues se montre au-dessus des schistes, un peu avant Millière, bientôt suivi par des bancs arkosiens presque horizontaux.

Dans une course faite au milieu du Tertiaire, sur le chemin d'Arcy à Virot et Pont-Moret, j'ai trouvé, un peu avant Virot, les grès et poudingues carbonifères en place, formant une apparition isolée ; ils sont ici très rubéfiés et cela paraît résulter du voisinage de la faille terminale qui doit passer très près vers l'Ouest, entre Virot et Motin ; le sol très riche en galets du poudingue démantelé, avant Virot, n'en contient plus entre Motin et Pont-Moret.

On retrouve, en descendant vers l'étang de Clapet et sur le chemin de la Chaumelle, des bancs arkosiens entremêlés dans les schistes, orientés N. 20° à 30° E., avec pendage vers l'O. N. O.

La crête du « Mont » est formée par les poudingues qui affleurent au-dessus de la ferme de la Montagne, un peu à l'Est du Signal de Mont ; vers le S. O. apparaissent successivement des bancs d'arkoses, de schistes et de nouveaux poudingues orientés N. 140° E. avec pendage de 20° S. O. Un filon de quartz, N 155° E., commence à l'extrémité N. O. du Mont et se prolonge jusque vers le Montot ; une fouille a été pratiquée autrefois pour la recherche du Manganèse sous *up* de Goutte-Neuf-Loups (E.-M.).

Les chemins qui descendent du Mont au Sud vers 360 et au Nord vers Les Loges et Les Forêts traversent un revêtement d'éboulis, très riches en galets.

Les poudingues se retrouvent en place au-dessus de « le Regnieau » et dans le chemin qui longe sur la rive gauche le ruisseau de Valence, à 500 m. à l'Ouest de Pierre-Baudois. Les pendages se font nettement vers l'Ouest, bien visibles sur la rive gauche, en face de Varendeux.

Au sommet de la première côte, sur le chemin de Maltat à Valence, après les maisons de Varendeux, des grès arkosiens apparaissent dans un trou de champ à droite.

Enfin le sentier qui, par le Gay, conduit à Saint-Clément, recoupe en deux endroits de minces bancs de poudingues sur la rive gauche de la Somme.

Une avancée du revêtement argilo-sableux, entre Saint-Clément et la Grange, et peut-être un léger décrochement des terrains vers l'Ouest expliquent la lacune

observée, dans la bande des poudingues et grès, entre ces deux localités. Une grande carrière, à 200 m. à l'Est de Saint-Clément, est ouverte dans des schistes sans aucun banc de grès. Il faut donc, pour retrouver les poudingues, s'engager sur le sentier qui part de la route de Maltat à Saint-Seine et monte à « le Devant »; avant l'entrée du hameau, ils forment une puissante assise visible dans les talus du chemin.

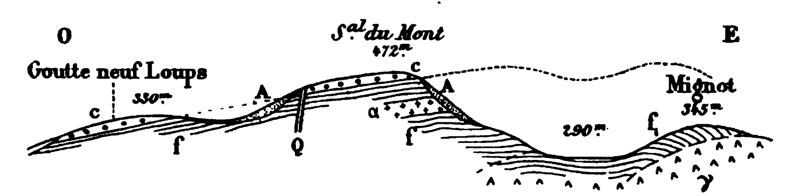


Fig. 8. — Coupe schématique de Goutte-neuf-loups à Mignot, par le signal de Mont.

A. éboulis sur les pentes, c, schistes, poudingues et arkoses du Tournaisien, f. schistes famenniens (f_1 les mêmes maclifères). γ. granite, α. albitophyre, Q. filon de quartz. Echelle 25.000e (hauteurs amplifiées 3 fois).

Comment expliquer l'éperon vers l'E. S. E., formé par la bordure des poudingues au signal de Mont? D'une part, le Mont constitue un sommet qui domine de près de 150 m. toute la région voisine; d'autre part, le pendage relativement faible, mais continu vers l'Ouest de toutes les formations explique que l'érosion ait fait reparaître les schistes famenniens au S. O. et au N. du Mont sans que l'apparente discontinuité des poudingues tournaisiens soit nécessairement à rapporter à des phénomènes de faille ou de torsion bien caractérisés.

Schistes famenniens et albitophyres. — Une importante zone de schistes famenniens s'étend régulièrement entre la bordure des poudingues tournaisiens à l'Ouest et le granite à l'Est; des albitophyres y sont fréquemment interstratifiés. Sur la route de Bourbon à Chalmoux, on reste sur ces schistes dès la sortie de Fréminet.

Gisement fossilifère des Chalmins. — A la bifurcation même de la route de La Borde, à 100 mètres au S. O. du lieu dit « les Chalmins », les talus de la route d'ailleurs peu élevés, sont formés par des schistes très froissés dont la direction est N.-S. et le pendage, dans l'ensemble, de 20° O.; ils contiennent des restes d'organismes; un mince lit à 1.50 m. au-dessus du fond du fossé de droite en venant de Bourbon, 5 m. après la bifurcation de la route de Mont, s'est montré riche en débris de Trilobites, *Dechenella* cf. *pusilla* Gürich (têtes avec les yeux à facettes conservées, thorax et pygidium); aucun fossile n'apparaît ni au-dessous ni au-dessus de ce lit très mince, à part quelques débris végétaux. Un mince filon d'albitophyre traverse ces schistes en face d'un petit étang, 50 m. plus loin. Quelques débris d'une roche anciennement grenue, très laminée et comme blaviéritisée, se rencontrent au milieu des schistes.

A 4 km. plus à l'Est et sur 2 km. de longueur, la route, longeant le ruisseau

de Vezon dans son cours supérieur, traverse les formations géologiques de l'Ouest à l'Est et les entame en tranchées d'environ 2 m., d'abord sur la rive droite, puis sur la rive gauche.

Les couches schisteuses subissent des ondulations nombreuses, mais, dans l'ensemble, restent presque horizontales, ou plutôt paraissent plonger légèrement vers le N. N. E. Après la bifurcation du deuxième chemin de Mont (un peu après les Moinats), apparaît un albitophyre qui forme un banc de 0 m. 50, interstratifié dans les schistes et que l'on suit aisément sur plus de 100 m. Albitophyres et tufs à grands débris de feldspaths sont exploités pour l'empierrement dans des trous de champs sur la rive droite du ruisseau de Vezon, 300 m. environ avant Chalmoux.

Un banc de schistes gréseux à plantes, visible avant la traversée du Vezon, indique que l'on est là dans la partie supérieure du Famennien, voisine du Dinantien. La route de La Borde et de Grury, vers l'Est, reste longtemps aussi sur des schistes. Elle conduit, après un étang à 200 m. à l'Ouest de La Borde, à une importante carrière ouverte dans un albitophyre vacuolaire en deux coulées superposées, épaisses de 5 à 8 m., au milieu de bancs schisteux et tuffacés, très faillés et brisés (N. 130° E., pendage E. 30°); les vacuoles, à la partie supérieure, sont remplies de petites sphères vertes de chlorites, identiques à celles trouvées dans les albitophyres au Nord de Charmes.

Gisement fossilifère de Mont. — Si, en quittant La Borde, on s'engage, vers le Sud, sur la route qui croise à angle droit la première, on tombe après la traversée du hameau de Mont sur un passage de tufs albitophyriques, prolongation évidente des albitophyres de la carrière qui précède la Borde, mais avec une inflexion accentuée des couches vers le Sud (direction N. 5° E., pendage E. 20°). Dans les schistes que la route a entaillés après la traversée du vallon, au Sud de Mont, j'ai trouvé un mince banc contenant des Cypridines (*Entomis serrato-striata* Sandb.) et des Trilobites (*Dechenella* cf. *pusilla* Gürich.) à 2 m. au-dessus du fossé de la route.

Gisement fossilifère du Sarroux. — Revenant sur la route de Grury, et marchant toujours sur des schistes plus ou moins décomposés, on arrive, après un km. et demi, à la traversée d'un ruisseau, affluent du Vezon, après lequel les schistes présentent, dans le talus de gauche, quelques beaux affleurements. Ils sont, comme si souvent, entremêlés de tufs albitophyriques et contiennent des Cypridines (*Entomis serrato-striata* Sandb.) et des débris végétaux. Le gisement fossilifère se trouve exactement sous une croix, élevée sur un sentier quittant la route au pont même, en face de la ferme du Sarroux ; les couches sont dirigées N. 75° E., pendage 20° N. O. Ce gisement fossilifère se trouve être le plus oriental de ceux que j'ai découverts dans la région de Bourbon-Lancy. Il est à peine à un km. de la bordure du granite et montre avec évidence que le Famennien fossilifère constitue tout le substratum des poudingues du Mont vers le Sud.

Vers Pont-des-Pierres, les schistes subissent des froissements multiples, mais les pendages vers l'Est commencent à s'y affirmer.

Un peu après le chemin des Dorins, on trouve dans un champ des traces de

recherches dans un filon de quartz N. O., sur la prolongation du filon de la montagne de Mont. Un revêtement de dépôts récents, occupant la crête du bois des Eglands, empêche, dès lors, de voir les terrains sous-jacents; il ne cesse sur la route de Grury, qu'au droit même du granite, à un km. au N. E. de Pont-des-Pierres.

Mais il est facile de suivre la suite des schistes famenniens vers l'Est, en explorant le vallon de Masson où ils disparaissent très vite sous des quartzites, continuation de ceux de Chiseuil: au Nord un profond vallon qui du Grand-Bos s'en va vers le ruisseau de Valence, les montre devenant franchement maclifères et arrivant jusqu'au contact du granite.

Les schistes intacts, que l'on rencontre au pied du Mont vers le Sud et vers l'Est, se continuant au Nord vers Les Loges, Pierre-Baudois, Le Gay, Haute-loup, Bazin, La Forge (à l'Est de « le Devant »), conservent le même faciès avec albitophyres et tufs interstratifiés et sont certainement aussi famenniens, quoiqu'ils ne nous aient fourni aucune empreinte de fossile.

Les pendages, à l'Ouest, se font vers l'Ouest (au Pontot, au Nord de la ferme du Creux); à l'Est ils sont plus difficiles à saisir, car les schistes sont métamorphisés et transformés en schistes maclifères sur une grande largeur, en bordure du granite (sur 1 à 2 km.); malgré des froissements multiples, ils paraissent, dans l'ensemble, ou horizontaux ou plongeant vers l'Est.

Ainsi, les schistes famenniens, bien datés par des gisements fossilifères, répartis sur toute leur largeur de Bourbon-Lancy à Pont-des-Pierres (Bourbon, Les Chalmins, Mont, Le Sarroux), viennent s'enfoncer en biais dans le granite qui les a partiellement digérés.

Au droit de la montagne de Mont, les schistes famenniens sont maclifères sur une largeur de 1.200 à 1.500 m.; au contraire, près de Valence, la zone métamorphisée se rétrécit et n'a pas plus de 400 à 500 m.

Formations amphiboliques de Cressy-sur-Somme. — Au milieu de la bande schisteuse famennienne que nous venons de parcourir, apparaissent, au N. E. de Maltat, des roches amphiboliques qui présentent un développement considérable et méritent une étude approfondie au point de vue de leur mode de formation probable et de leur âge.

Le petit nombre de leurs variétés pétrographiques, leurs conditions de gisement très spéciales et la trop abondante couverture forestière qui les cache n'auraient pas permis de faire ici la théorie de la formation des diorites et des cornes par action métamorphisante du granite sur les marnes et les calcaires; ce gisement est loin de valoir celui des diorites d'Aydat ou de celles du Beaujolais et du Lyonnais (Mont-Pellerat); cependant, partant des faits si clairement établis ailleurs, nous verrons qu'il présente un intérêt particulier, principalement emprunté à l'abondance du type porphyrite.

Nous rappellerons sommairement que M. Michel Lévy a, le premier, établi que les diorites d'Aydat, en Auvergne, celles du Mont-Pellerat, dans le Lyonnais, celles des environs de Matour, dans le Beaujolais, paraissent provenir de l'action endomorphe subie par le granite au contact des schistes calcaires profondément

métamorphisés et même digérés. Ces diorites et diabases sont, en effet, toujours associées à des cornes vertes amphiboliques et pyroxéniques et passent souvent au granite porphyroïde du Plateau Central, par l'intermédiaire du granite à amphibole. En certains points, la digestion est tellement complète qu'il paraît se produire des laccolithes secondaires (à l'entour de l'ellipse granitique de Fleury, dans le Beaujolais, environs d'Aydat, environs du Saint-Rigaud, etc.).

Dans les environs de Cressy-sur Somme, les porphyrites amphiboliques apparaissent au milieu de schistes maclifères passant à des schistes feldspathisés et gneissifiés, donc au milieu de terrains métamorphisés, comme au S. O. de la forêt de Chavencé, à Cortot ou dans le bois des Mirandeaux : elles sont interstratifiées dans les terrains, affectant leur direction et leur pendage, généralement au voisinage immédiat du granite.

Je signalerai un premier témoin de ces amas de roches amphiboliques dans un vallon au Nord du Grand-Bos, à 6 km. au Sud de Cressy-sur-Somme.

La route nationale n° 73 passe, après Maltat, à l'Ouest du village de Cressy, sur la rive droite de la vallée de la Somme et traverse, sur une longueur d'environ 5 km., l'ellipse que forme l'ensemble des roches amphiboliques de Cressy suivant son plus grand diamètre ; ces roches apparaissent en lentilles qui semblent indépendantes les unes des autres.

Si les roches que l'on recueille sont pleines d'intérêt, leurs conditions de gisement, comme je l'ai dit plus haut, sont assez défavorables et n'offrent pas au visiteur un exemple probant de métamorphisme profond d'une lentille calcaire au milieu du granite. Ici, en effet, ne se rencontrent, autour des porphyrites amphiboliques, que des quartzites et des cornes amphiboliques; les diorites franches, le granite à amphibole font défaut. La couverture boisée ne permet pas, d'autre part, de suivre avec continuité les formations et l'on est réduit, à part les bons affleurements rencontrés sur la route qui longe la Somme, à consulter les blocs et pierres roulantes apparaissant irrégulièrement dans les clairières.

Toutes les lentilles de porphyrites amphiboliques de Cressy sont bordées par des roches très métamorphisées et assez variées, allant des schistes micacés aux schistes maclifères. à chiastolite, avec passage, surtout vers l'Est, à des quartzites feldspathisés, roses lie de vin ou verts foncés, quelquefois amphiboliques, et à des schistes et quartzites presque complètement gneissifiés; les transitions entre ces différentes roches sont très graduées.

Leur plus grande résistance à l'érosion a donné à la partie de la vallée de la Somme qui les traverse un caractère spécial ; les rives y sont, en effet, encaissées entre des flancs élevés et abrupts qui font place dans la région granitique et dans le Tertiaire à des coteaux plus doucement mamelonnés.

Elles ont formé barrière à la rivière qui a dévié son cours pour les traverser parallèlement à leurs strates.

Après une carrière dans des schistes déjà durcis et micacés, bien réglés (Dir. N 40° E., plong. S. E. 30°), à 100 m. au N. E. des maisons de Saint Clément, on entre aussitôt dans une succession de roches métamorphisées ; elles débutent

par des cornes micacées avec pendage également E. S. E., aussitôt suivies par un premier passage d'une porphyrite amphibolique dirigée N. 20° à 30° E., à éléments fins, dans laquelle les phénocristaux sont peu abondants ; cette porphyrite forme l'éperon de la route sous Laveau ; après elle, les affleurements de la route sont de nouveau en schistes micacés, passant bientôt à des quartzites fins, feldspathisés et micacés, roses et verts, comme nous en avons déjà rencontré au bord de la Creuse, au S. E de La Fayette (S. de Chalmoux) ; ils sont ici exploités pour l'empierrement dans une grande carrière (sous *t* de Nationale, avant La Marche E.-M.), dans laquelle les bancs sont dirigés N. 40° E. avec pendage E. de 45°.

Le nouveau chemin de fer de Bourbon à Issy-l'Evêque, qui court le long de la Somme jusqu'à Cressy, a entamé, en tranchées profondes, les pentes raides de l'autre rive (rive gauche) ; au milieu des schistes noirs et micacés, passant à des quartzites feldspathisés, on peut relever deux passages de porphyrite amphibolique, l'un formant la suite naturelle de celui que nous avons touché à l'éperon de la route, sous Laveau ; un autre, plus au N. N. E., après le passage d'un ravin latéral, sous le hameau de Champ Faucon, en face de la carrière de la rive droite, sous *t* de Nationale (E.-M).

Après la passerelle de « Au Pont », sous les maisons de La Marche, la route côtoie des schistes maclifères, très noirs et durs, à noyaux chiastolitiques d'assez grande dimension (carrière sous La Marche) ; la montée, sur l'autre berge, jusqu'à Cressy se fait dans des schistes maclifères de plus en plus durs et cornés, passant à des schistes feldspathisés et contenant avant les premières maisons de Cressy, un mince lambeau de porphyrite amphibolique ; ces schistes continuent jusqu'au contact du granite, visible sur le chemin de la Croix, à l'Est de Cressy et dans les tranchées du chemin de fer d'intérêt local après la gare.

Un nouveau filon de porphyrite très amphibolique commence au Nord-Est de Cressy et se prolonge dans une direction N. N. E. vers Moreau ; il forme dans le vallon des amas de blocs, au milieu des champs.

Toute la région à l'Ouest de ce filon et jusqu'à la rivière est en corne feldspathisée, rose et verte (schistes passant à des quartzites). Une carrière est ouverte dans ces roches en face du pont de la route de Cressy, sur la rive gauche de la Somme (plongement vers l'Est).

Sur la rive droite, les bois de Montrangle, du Creux et de Mont-Petit recouvrent des formations amphiboliques que l'on peut délimiter approximativement en trois ellipses N. N. E. paraissant indépendantes : l'une, visible aux maisons de la Cure, s'étend sous bois et est séparée de la suivante par une région de schistes micacés et tachetés, située au S. O. de la ferme de Montrangle ; la seconde se développe au N. E. de Montrangle la troisième envahit la vallée de la Somme entre le moulin de Mont-Petit et celui du Creux.

Le sentier, qui conduit de Moreau à Montrangle, recoupe la deuxième dans sa largeur ; il est bordé de grands blocs, atteignant un m. q. La grande route, entre les km. 13 et 14 de Luzy, entame en tranchées la porphyrite en place

Aux environs de la ferme du Creux, sur la lisière Ouest de la forêt, des blocs

caverneux de porphyrite amphibolique, avec nodules d'épidote, indiquent l'existence vraisemblable d'une nouvelle masse amphibolique au milieu de schistes simplement durcis (N. 20° E., pendage O.).

Une certaine variété règne dans les roches amphiboliques à l'Est de Montrangle ; les porphyrites feldspathiques, à deux temps bien différenciés, y voisinent avec des roches presque grenues qui se rapprochent des diorites et qui, d'autre part, s'associent à des cornes amphiboliques absolument caractéristiques. Les mêmes variétés se rencontrent dans la troisième masse qui contient, en outre, des cornes à fins grenats au pont du moulin de Mont-Petit. Les blocs nombreux sur les bords de la Somme, qui rappellent tout à fait les roches des Fées du Beaujolais, sont constitués par des parties dioritiques, passant constamment à la porphyrite amphibolique.

La direction des schistes et des quartzites granitisés et gneissifiés qui séparent les deux lentilles de Montrangle et de Mont-Petit, est N. 30° E., avec pendage vers l'Est. Au contact entre ces lentilles amphiboliques et le granite, on voit, sur la route de Luzy, deux affleurements très curieux ; l'un consiste en une corne amphibolique contenant encore des empreintes de tiges d'encrines, visibles seulement en coupes microscopiques (en face du point 260 E -M.) ; l'autre témoigne d'un passage étroit de poudingues à galets de quartz et de quartzites et à pâte cornée, du Tournaisien, laminé et s'enfonçant dans le granite qui commence à quelques mètres de l'affleurement (à 200 m. au Sud du chemin de Buzon).

Vers l'Ouest, en haut de Raity, les schistes maclifères se retrouvent ; ils passent, au voisinage de l'étang de ce hameau, à des schistes intacts (N. N. E., pendage E.).

Hypothèse sur la naissance des roches amphiboliques. — Il faut chercher une explication de la genèse de ces roches amphiboliques dans l'existence d'anciens bancs calcaires, probablement frasniens, au-dessous des schistes famenniens au milieu desquels elles apparaissent ; la formation des cornes amphiboliques, des diorites et même des prophyrites amphiboliques peut être, dès lors, attribuée à des phénomènes de contact que rendent d'ailleurs incontestables la proximité du granite et les auréoles de schistes micacés, maclifères et cornés, qui les accompagnent toujours.

Aussi bien, nous avons déjà fait allusion à cette théorie de l'endomorphisme et des laccolithes secondaires que l'on doit à M. Michel-Lévy [43-52] et que MM. Lacroix [92] et L. Bertrand [114] ont brillamment confirmée en étudiant l'action des granites pyrénéens sur les calcaires dévoniens.

On remarquera qu'à Cressy-s.-Somme, ce sont les porphyrites amphiboliques a deux temps qui dominent, et bien qu'elles s'associent intimement aux cornes vertes de métamorphisme exomorphe, il est probable qu'elles proviennent, en majeure partie, de laccolithes accessoires plus profonds, nés aux dépens des calcaires frasniens ; elles se seraient interstratifiées par voie d'épongement jusque dans les schistes famenniens de la base.

On peut aussi supposer que des plissements multiples et serrés ont fait alterner des couches calcaires frasniennes, ou même famenniennes de la base, avec

les couches schiteuses et que les porphyrites amphiboliques ont pris naissance sur place. en majeure partie, à la façon des diorites, ce qui expliquerait que la plupart d'entre elles sont très riches en phénocristaux et que le magma, simulant le second temps, rappelle un remplissage intersertal plutôt que la structure fluidale d'une roche à deux temps, épanchée ou poussée dans des filons.

Je rappellerai ici l'existence, tout près des calcaires de Gilly, de roches amphiboliques (forêt de Chavencé), au voisinage de l'anticlinal de l'Ouest (II) qui, prolongé, est précisément celui qui passe près de Cressy-s.-Somme. A l'Est, le second anticlinal, souvent multiple, que nous avons eu occasion de voir naître, réunit des calcaires voisins de celui de Fontête et une série de roches amphiboliques extrêmement analogues à celles de Cressy (au Montceau, à Cortot, aux Mirandeaux et au Grand-Bos).

Au microscope, on est frappé de l'extrême analogie de toutes ces roches entre elles et avec celles de Cressy.

Elles doivent être nées au moment où le granite de Luzy a surgi, c'est-à-dire vers la fin du Tournaisien ; mais elles sont faites aux dépens des sédiments les plus anciens que nous connaissons dans la région, qui sont frasniens et qui, seuls, sont assez riches en calcaire pour en expliquer la naissance.

Le fait même que ces roches amphiboliques s'associent parfois à des calcaires et sont voisines des lignes anticlinales, jalonnées par les changements de pendage des couches, me paraît constituer une confirmation utile des hypothèses que j'ai empruntées à mes devanciers.

Les quartzites de la bordure orientale. — Les quartzites dinantiens micacés que nous avons vu former la bordure de contact du granite depuis le château de Charnay jusqu'à Chiseuil, continuent vers les Fougères et Le Gardier et jusqu'à Fly et Guygnebert, pour disparaître avant le Grand-Bos, coupés en sifflet par le granite. Les quartzites à mica blanc ont une grande affinité avec la granulite ; le magma granitique semble avoir presque toujours formé de la granulite à leur contact ; c'est le cas à l'Est du Gardier et au bord de l'étang de Fly. De nombreux filons de granulite et de pegmatite traversent les quartzites micacés et feldspathisés entre Fly et l'étang ; les phénomènes de contact dans les quartzites y sont particulièrement nets.

Un mince lambeau de quartzites analogues, accompagnés d'un passage de poudingues, se rencontre en bordure du granite, entre le Renard et le Moulin de Mont-Petit au Nord de Cressy, alors qu'entre le Grand-Bos et Cressy, le granite ne cesse d'être directement en contact avec les schistes famenniens ; vers le Nord, nous verrons ces quartzites prendre de nouveau une importance considérable en bordure du granite (près de Rigny et de Maison-Dare).

Résumé de la région Bourbon, Chalmoux, le Devant, Cressy.— Voici, au point de vue stratigraphique, les conclusions que nous pouvons tirer de la description précédente : les poudingues tournaisiens affleurent suivant une ligne continue N. 40° E., formant la bordure occidentale de la bande des terrains paléozoïques, entre Bourbon et Maltat, avec pendage régulier vers l'Ouest.

Les schistes famenniens fossilifères, inférieurs aux poudingues, occupent de

vastes étendues ; des coulées d'albitophyre et des bancs de tufs apparaissent, comme dans la partie Sud, au voisinage de la Loire.

Nous avons vu que l'extension des porphyrites amphiboliques et des cornes vertes, aux environs de Cressy-s.-Somme, permet de supposer l'existence à faible profondeur d'une traînée de marbres et de calcaires frasniens. Mais cet accident pétrographique cesse rapidement vers l'Est et fait place à une nouvelle bande de quartzites tournaisiens qui, comme ceux de Chiseuil, viennent s'enfoncer dans le granite.

L'étude tectonique doit s'appuyer sur ces résultats. La direction générale des plis est la même que celle des affleurements, étant voisine de N. 20° E. ; les pendages sur la bordure occidentale se font vers l'Ouest, rendant naturelle l'apparition de terrains plus récents ; inversement, les pendages sur la bordure orientale, au droit des quartzites tournaisiens se font vers l'Est. Entre ces deux bordures extrêmes tournaisiennes, s'étendent les formations famenniennes, plus ou moins ondulées, mais, dans l'ensemble, assez horizontales, en selle très surbaissée.

Mais il faut tenir compte de ce qu'une première traînée tournaisienne, celle qui passe à Chiseuil, vient s'enfoncer dans le granite avant le Grand-Bos ; elle n'est donc pas à relier à la traînée tournaisienne qui réapparaît vers Cressy s.-Somme. Tout au contraire, l'axe anticlinal de l'Est (I) vient, lui aussi, se perdre dans le granite au voisinage des derniers petits affleurements amphiboliques de Crevans.

Les poudingues et quartzites tournaisiens de Cressy sont, à proprement parler, une réapparition du flanc occidental du synclinal carbonifère de Gilly-s-Loire. Il est donc naturel que les porphyrites amphiboliques et les cornes de Cressy soient voisines de l'anticlinal de l'Ouest (II) qui passe à « En Mont ». près de Bourbon, et à Diou. Le tracé de cet anticlinal, basé sur les pendages des schistes famenniens, passe un peu à l'Ouest des roches amphiboliques de Cressy. Il faut recourir à quelques failles inverses plongeant, elles aussi, vers l'Est et qui expliquent en même temps la réapparition des couches les plus profondes et la diminution d'épaisseur apparente du Famennien, sous le Tournaisien de l'Est qui vient s'enfoncer dans le granite.

Un coup d'œil d'ensemble sur la bordure du massif granitique, depuis la Loire jusqu'à Cressy, montre que cette bordure, d'abord N. 20° E. et parallèle aux plis des terrains paléozoïques entre Charnay et Chiseuil, devient N. 15° O. entre Chiseuil et Valence ; cette nouvelle orientation pourrait s'expliquer, jusqu'à Guygnebert, par une torsion générale vers l'Ouest, ayant intéressé le granite comme les plis paléozoïques eux-mêmes ; mais, au-delà, les plis des terrains sédimentaires sont pris en biais par la bordure granitique et il faut invoquer les phénomènes de digestion par le granite, combinés avec une surélévation des axes des plis, pour expliquer la disparition radicale, dans le granite, de toute la zone anticlinale de l'Est (I) reconnue depuis la Loire jusqu'à Bryon. De Valence à Cressy, la bordure granitique redevient N. 20° E., parallèle aux couches voisines.

Ce phénomène de digestion irrégulière des plis des terrains sédimentaires, par endroits pris en écharpe par le granite, que nous verrons se reproduire fréquemment dans le Morvan, a été souvent signalé ; M. Michel-Lévy en donne un exemple remarquable sur la bordure de l'ellipse granitique de Flamanville dans le Cotentin (Les Pieux).

Les variations dans la largeur de la zone de modifications des terrains paléozoïques par le granite sont intéressantes à étudier. Cette zone est, dans l'ensemble, parallèle à la bordure granitique ; toutefois, elle devient sensiblement plus étroite dans la partie où les plis paléozoïques sont pris en biais par le granite (un peu au Sud de Valence, elle n'a plus que 1 à 2 km. de large, pendant qu'à Chiseuil elle atteint 4 km.).

Nous avons l'heureuse chance de pouvoir répondre d'une façon assez topique à cette question qui se pose à l'esprit : pourquoi le métamorphisme du granite paraît-il plus intense quand les couches métamorphiques sont presque horizontales et parallèles à la bordure granitique, que lorsqu'elles sont prises en écharpe par cette bordure? Parce que, dans le premier cas, le granite reste proche, en profondeur, à une plus grande distance de ses affleurements.

La grande largeur de la zone métamorphisée entre Charnay et Chiseuil et les réapparitions de taches métamorphisées aux Philippes et au S. O. de la forêt de Chavencé indiquent une grande proximité de la limite du granite, en profondeur, dans la région Gilly, Perrigny, Mont, Grand-Bos et par conséquent une faible épaisseur des terrains sédimentaires le recouvrant. Nous en trouvons un autre exemple aux environs de Luzy, où l'on voit littéralement flotter le Tournaisien, en couches horizontales très métamorphiques, sur le granite qui reparaît très loin, vers l'Ouest, dans les fonds de vallées profondes.

En tout cas, ces deux exemples montrent manifestement que, dans la région, les terrains plus anciens que le Frasnien ont été digérés par le granite ; le Frasnien lui-même n'existe plus qu'en lambeaux discontinus.

Coupe N° V. — *de Saint-Seine à Raity et au Moulin de Mont-Petit* (Pl. VII). — Le tracé de cette coupe traverse, à l'Ouest, les premières couches de schistes gréseux fossilifères dinantiens les plus méridionales et passe par l'extrémité Nord des formations amphiboliques frasniennes de Cressy, embrassant ainsi la succession des étages géologiques compris entre le Frasnien et les grès dinantiens.

Nous verrons qu'elle conduit à la conviction que les poudingues, déjà rencontrés à Bourbon-Lancy, alternent avec les schistes et les grès fossilifères dinantiens et paraissent représenter une partie du Tournaisien.

Avant d'entrer dans le détail de la coupe n° V, le lecteur devra se reporter à la carte au 50.000° de la région fossilifère tournaisienne (Pl. V).

Du S. O. au N. E., nous distinguerons les gisements fossilifères suivants :

1° Traînées schisto-gréseuses de *Saint-Seine* à *Ternant* :

a) Au *Sud de Saint-Seine*, grande route sous les murs de la ferme de *Lerre*;

b) *Cimetière de Saint-Seine*, sur le chemin d'Azy;

c) *Sortie de Saint-Seine au Nord*, sur la route de la Nocle;

d) Sentier au-dessus de la *Forge de la Loge* et des carrières d'orthophyres.

2° Affleurement de schistes psammitiques d'*Apussy*;

3° Grès jaunes séricitenx, intercalés dans les poudingues :

a) A *Boucharin*;

b) Au *Domaine des Roches* près Savigny-Poil-Fol.

4° Grès jaunes séricitenx de *Chanaud*;

5° Schistes noirs durcis, et micacés de *Recoulon* :

a) Route de Luzy;

b) Tranchée du chemin de fer.

6° Schistes et grès jaunes en traînées :

a) Au Nord de *Pomeray*;

b) A l'Ouest de *Siguret*.

7° Schistes et grès de la *Varville* près d'Avrée.

Au point de vue stratigraphique, ces gisements fossilifères s'allongent suivant deux bandes principales, distinctes, mais qui paraissent être des réapparitions d'un seul et même niveau, séparées par un synclinal d'orthophyre en coulées ou à l'état de brèches.

Les gisements nos 1, 2, 3, 4 et 5 appartiennent à une première bande orientale; les gisements 6 et 7, à la seconde bande occidentale, directement recouverte par les tufs de porphyre noir que j'appelle tufs microgranulitiques. Les orthophyres, souvent obsidienniques, qui forment la séparation entre ces deux bandes, sont en relation avec des tufs et des brèches orthophyriques que nous distinguerons soigneusement des tufs microgranulitiques et qui constituent notamment toute la masse de la Vieille Montagne, près de Saint-Honoré.

Les poudingues paraissent régner dans toute la hauteur de ces strates dinantiennes; ils alternent non seulement avec les schistes et les grès, mais avec les tufs orthophyriques; ils contiennent, à l'occasion, des galets d'ortophyres (Savigny-Poil-Fol, Recoulon).

Tous les gisements n° 1 (de Saint-Seine à Ternant) ont été découverts par moi, en 1904; le n° 2 (Apussy) également; le n° 3 (a) (Boucharin) également; (b) (Dom. des Roches) a été signalé pour la première fois par M. Michel-Lévy (1re édition feuille d'Autun) et étudié par Julien. Le n° 4 (Chanaud) a été découvert par moi en 1904. Le n° 5 (Recoulon) a été découvert par M. de Charmasse, signalé par M. Michel-Lévy sur la 1re édition de la feuille d'Autun. Quelques beaux fossiles y ont été recueillis et envoyés à M. Michel-Lévy par M. Bonneau du Martray, ingénieur en chef des ponts et chaussées, au moment de l'établissement de la deuxième voie de la ligne de Luzy; M. Michel-Lévy, dans la réunion de la Société géologique (1879) a fait allusion à cette découverte et a notamment indiqué le *Bellerophon bicarenus* Lév. [34, p. 938] du Tournaisien, déterminé par M. Douvillé dans les fossiles de ce gisement. C'est donc à cette date

que le Tournaisien a été signalé pour la première fois, avec précision, dans le Morvan.

Le n° 6 (*a*) (Pomeray) a été découvert par moi en 1904 ; (*b*) (Siguret) a été découvert et étudié par Julien (1885) ; le n° 7 (La Varville) a été découvert par Julien (1885).

Revenons à l'étude détaillée de la coupe N° V.

Revêtement sableux granulitique au S. O. de Saint-Seine. — La basse vallée de la Cressonne qui s'étend à l'Ouest de Saint-Seine est formée par un sol riche en galets, faiblement ondulé, avec des altitudes variant de 210 à 250 m. ; ce sol montre une composition très uniforme sur la route de la Nocle ou sur celle de Cronat, étant argilo-sableux et riche en galets de quartz ; mais la bordure même des terrains anciens, depuis Maltat jusqu'à Saint-Seine, affecte un caractère spécial ; elle est composée d'un sable granulitique très blanc, riche en feldspaths plus ou moins kaolinisés et en grains de quartz bipyramidés ; ce sable blanc recouvre les collines élevées, formées par les premiers contreforts des terrains anciens, atteignant 287 m. près de Ginat et 312 m. près de la Grange, au Sud de Le Devant.

Schistes et grès séricíteux fossilifères de Saint Seine. — Le village de Saint-Seine est tout entier construit sur des grès séricíteux jaunâtres qui attirent mal l'attention, n'apparaissant que dans les fossés de la route de Maltat à la Nocle et sur le chemin d'Azy. Ils sont fossilifères (gisements 1 *a*, *b*, *c*,).

Ils se montrent riches en grains de quartz assez fins, agglutinés par de la séricite abondante.

Peu consistants et se réduisant facilement en sable, ils ont cependant conservé de nombreuses empreintes de fossiles dont le têt a complètement disparu, dissout par des eaux ferrugineuses qui y ont déposé des enduits de limonite brune.

Leur pendage, difficile à saisir, paraît cependant assez rapide vers l'Ouest.

Trois endroits, autour du village, m'ont paru spécialement favorables à la recherche des empreintes fossiles :

1° La sortie Sud de Saint-Seine sur la route de Maltat, avant la ferme de Lerre, dans les fossés de la route, sous les murs de la ferme dite de « La Muraille » ; le grès est résistant et contient des *Chonetes* abondants ;

2° La sortie Est de Saint Seine, sur la route d'Azy, dans les fossés, un peu avant le cimetière ;

3° La sortie Nord de Saint-Seine, sur la route de la Nocle, devant la croisée du petit chemin direct de Conneuf, les *Streptorhynchus* y sont particulièrement abondants.

L'ensemble de la faune trouvée dans ces trois gisements comporte les fossiles suivants :

Ostracodes nombreux (*Bairdia* sp., *Entomis* sp.).
Orthoceras sp.
Loxonema cf. *acutum* Kon.

Loxonema cf. *Lefebvrei* Kon.
Portlockia cf. *pygmæa* Kon.
Schizostoma cf. *crateriforme* Kon.
Lepetopsis sp.
Capulus sp.
Sanguinolites inconspicuus Kon.
Edmondia cf. *scalaris* M'Coy.
Conocardium aff. *irregulare* Kon.
Parallelodon cf. *bistriatus* Portl.
Parallelodon meridionalis Kon.
Leiopteria aff. *columbo* Kon.
Aviculopecten cf. *granosus* Sow. (*Av. Pomeli* Jul.).
Aviculopecten cf. *ingratus* Kon.
Productus scabriculus Mart.
Productus semireticulatus Mart
Chonetes variolata d'Orb.
Chonetes Giraudi Jul.
Orthotetes crenistria Phil.
Rhipidomella cf. *Michelini* Lév.
Syringothyris cf. *distans* Sow.
Spiriferina cf. *partita* Portl.
Retzia sp.
Athyris cf. *Roissyi* Lév.
Fenestella plebeia M' Coy.
Glauconome pulcherrima M' Coy.
Monticulipora tumida Phill.
Archæocidaris nerei Munst.
Palæchinus Rutoti Jul.
Granatocrinus sp.
Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.
Amplexus coralloides Sow.
Zaphrentis sp.
Cyathaxonia sp.
Syringopora distans Fisch.

La plupart de ces fossiles ont été signalés dans les trois gisements étudiés plus au Nord par Julien et considérés par cet auteur comme appartenant au Tournaisien (T_1a, T_1b, T_1c, T_2a, T_2b, de la Carte géologique de Belgique). Seuls *Edmondia* cf. *scalaris* M' Coy., *Conocardium* aff. *irregulare* Kon., *Granatocrinus* sp., sont nouveaux dans la région; les deux premières espèces se rapprochent d'espèces viséennes; mais les déterminations en sont trop incertaines pour qu'elles méritent que l'on s'y arrête ; c'est malheureusement un peu le cas géné-

ral, étant donné l'imperfection des matériaux recueillis et l'état fragmentaire des empreintes.

Les grès fossilifères de St-Seine forment une étroite bande d'environ 50 m. de large, que l'on recoupe transversalement sur le chemin allant de Saint-Seine vers les Bresses.

Ils sont superposés à des schistes psammitiques, noirs verdâtres, foncés, visibles au delà du cimetière et dans lesquels je n'ai pas trouvé de restes organisés; un filon d'orthophyre, exploité en carrière dans le vallon Est-Ouest, qui passe au Sud de Saint-Seine, les traverse; c'est là une roche que nous n'avons pas encore rencontrée vers le Sud et que nous verrons former vers le Nord de puissantes masses interstratifiées. Elle se distingue assez aisément, à première vue, des porphyrites famenniennes, contenant moins de grands cristaux de feldspath et n'étant généralement pas verdâtre comme ces dernières, mais noire ou rouge foncé; elle affecte plus franchement le caractère porphyrique, avec une pâte fine abondante, dont l'œil ne peut discerner les éléments constituants.

A 500 m. environ de Saint-Seine, en montant vers les Bresses, sur le flanc S. O. du Mont-d'Azy (323 m. E.-M.), on rencontre à la partie inférieure de ces schistes un passage de poudingues très semblables à ceux qui jalonnent vers le Sud, dans la région comprise entre Bourbon-Lancy et le Mont, la base du Dinantien, à son contact avec le Famennien. Nous aurons bientôt l'occasion d'en étudier avec détail la constitution, dans une carrière ouverte à 1 km. vers le Nord, au pied du coteau de Conneuf.

Les couches entremêlées de poudingues et de schistes du Mont-d'Azy ont une direction N. N. E. et un pendage O. N. O. d'environ 20°.

Schistes famenniens à l'Est du Mont-d'Azy. — Ces couches reposent, en stratification concordante, sur des schistes psammitiques, fins, verdâtres, qui par leur faciès et leur situation stratigraphique apparaissent comme famenniens. Nous resterons longtemps dans ces schistes sur le chemin de Raity; ils s'étendent en effet sur environ 3 km., c'est-à-dire sur plus des deux tiers de la distance qui sépare Saint Seine du granite, au moulin du Creux.

Dans la descente à l'Est du Mont-d'Azy, on rencontre l'extrémité Sud de l'accident de Ternant qui fait apparaître les terrains triasiques et liasiques, grâce à un jeu de failles principalement N. N. O.; au Sud de Triboulet, les marnes irisées affleurent seules, formant des terres labourées bien plus grasses et fortes que celles produites par les débris de schistes carbonifères ou dévoniens, et facilement reconnaissables à leur couleur rouge lie de vin.

Nous quittons presque aussitôt ces marnes (qui occupent 200 m. environ en surface horizontale) et rentrons après la traversée de la route de Ternant à Cressy, dans les schistes psammitiques famenniens; une petite carrière ouverte à la croisée des chemins de Billerete et de Raity montre leur direction N. 110° E. et leur pendage 20° S. O. Après la traversée du ruisseau qui descend de la ferme « au Creux », les schistes apparaissent, très froissés et plissés dans des directions variées; de minces bancs kaolinisés indiquent un passage de formations purement arkosiennes.

Un filon de microgranulite rose à grands cristaux d'orthose, orienté N. 20° E., traverse les schistes un peu à l'Ouest de la ferme « au Creux » où les couches ont une direction N. 20° E. et un pendage 60° O.

Un peu au Nord de notre tracé, les schistes affleurent dans tous les sentiers, toujours extrêmement froissés. Sur les bords de l'étang que longe le chemin conduisant de Lenteur à la Maison-Dare, leur direction est N. 20° E. et leur pendage 70° O., donc toujours semblables à ceux relevés plus au Sud ; mais un fait intéressant apparaît dans le chemin aussitôt après l'étang vers l'Est ; le talus montre en coupe la charnière d'un petit pli synclinal, versé vers l'Ouest (fig. 9).

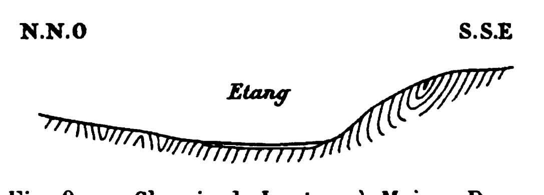


Fig. 9. — Chemin de Lenteur à Maison-Dare.

Charnière d'un pli versé dans les schistes famenniens. Echelle 1000e (hauteurs amplifiées deux fois).

Les schistes famenniens sont ici probablement assez horizontaux dans leur ensemble ; leur épaisseur est mal connue, malgré la grande étendue qu'ils occupent et la grande inclinaison de certains pendages apparents ; ils ont subi des poussées tangentielles considérables qui les ont souvent repliés sur eux-mêmes.

Zone métamorphisée. Schistes maclifères. — En avançant vers l'Est, nous assistons à la naissance très progressive de la zone métamorphisée, formée dans ces schistes au voisinage du granite ; c'est d'abord un simple durcissement des schistes qui sont moins lités et forment des débris parallélipipédiques, durs à casser au marteau ; cet état, transitoire entre les schistes intacts et les schistes maclifères, est le résultat d'une silicification secondaire des grains de quartz clastiques, accompagnée par la naissance de mica de métamorphisme. Cette zone de schistes durcis et micacés, d'ailleurs assez difficile à délimiter, a une largeur restreinte (100 m. environ) ; elle est bien visible à l'Ouest de l'étang de Raity et aussi dans les premiers bouquets de bois qui précèdent la Maison-Dare.

Elle est immédiatement suivie par la zone des schistes franchement maclifères, avec noyaux chiastolitiques, qui forme le sol des bois de Ronde-Faye, des champs au-dessus de Raity et d'une grande partie de la forêt de Montrangle. La direction des couches schisteuses famenniennes métamorphisées reste N. N. E., mais leur pendage se fait maintenant vers l'Est.

Nous avons probablement franchi le passage de l'anticlinal n° II que nous suivons depuis Diou.

La descente de Raity dans la vallée de la Somme recoupe deux filons de micro-

granulite à grands cristaux d'orthose, puis un mince lambeau de quartzite métamorphisé; le fond de la vallée est envahi par une formation de cornes amphiboliques qui se rattache intimement aux porphyrites amphiboliques; ici, il y a prédominance des cornes amphiboliques, parfois grenatifères, avec passage à des diorites à grains fins; ces cornes forment de grands blocs parsemés en désordre, au milieu de la vallée, analogues aux roches des fées qui constituent des montagnes entières aux environs de Matour et de Saint-Bonnet, dans le Beaujolais. Toute la partie de la vallée comprise entre le moulin de Mont-Petit, le moulin du Creux et Buzon, jusque sur la montée du sommet 308 vers Rigny, est envahie par ces roches; au voisinage du granite, les variétés finement dioritiques sont plus nombreuses; je n'ai pu déceler dans le granite, qui borde vers l'Est ces formations, aucune trace d'endomorphisme apparent : le granite ne paraît pas se charger d'amphibole.

J'ai trouvé sur la route nationale n° 73, en vue de Buzon, le passage d'un poudingue métamorphisé à galets de quartz et de quartzites et à pâte verte amphibolique, du type que nous rencontrerons au sommet du Mont-Beuvray et qui est à rattacher au poudingue tournaisien de Ternant. Sa direction est N. 170° E. et son pendage 30° N. E.

La superposition, aux roches amphiboliques dévoniennes de Cressy, de quartzites et de poudingues amphiboliques, en affleurements très restreints il est vrai, sur la bordure granitique, au Nord de Cressy, mais en liaison très nette avec les grandes masses de quartzites que nous rencontrerons vers Grand Champ et vers Renisot plus au Nord, autorise à figurer une retombée du Tournaisien en bordure du granite, à l'Est et au-dessus des formations amphiboliques de Cressy.

J'ai déjà parlé (p. 46) de cette superposition si importante et j'ai cherché à expliquer la disparation des schistes famenniens par des failles inverses avec étirement d'une partie des formations intéressées. Mais il faut reconnaître que l'apparition de galets calcaires amphibolitisés dans ces poudingues, que nous retrouverons d'ailleurs sur une grande échelle au Mont-Beuvray, semble indiquer qu'une certaine érosion a précédé leur dépôt et leur a permis de se montrer légèrement transgressifs sur les formations plus anciennes; je développe ici cette nouvelle hypothèse, sans prendre partie entre elle et celles des failles inverses.

Ainsi la question qui se pose est la suivante : l'érosion précédant le Tournaisien inférieur a-t-elle décapé les terrains jusqu'aux calcaires frasniens préexistant? Il est plausible que le jeu de l'érosion qui a marqué le début de la période tournaisienne suffise à expliquer ces apparences sans qu'il y ait lieu, pour cela, de recourir à une discordance bien accusée entre le Tournaisien et le Famennien. Une période d'émersion, précédée des phénomènes éruptifs dont les coulées albitophyriques au sein du Famennien sont les témoins indiscutables, a débuté avec la base du Tournaisien; à cette époque, en effet, s'est formé le cordon littoral de poudingues, que nous avons déjà suivis depuis Bourbon-Lancy jusqu'au Mont-d'Azy, au détriment des lydiennes et des bancs gréseux tournaisiens qui avaient

préalablement pris naissance, des schistes et des albitophyres famenniens et aussi des lentilles calcaires frasniennes, existant cà et là.

Résumé de la coupe n° V. — La succession des niveaux, relevés dans cette coupe, s'est enrichie d'un élément nouveau, constitué par les grès et schistes fossilifères tournaisiens qui viennent parfaitement confirmer la situation à la base du Tournaisien des premiers poudingues, apparaissant dans la région de Bourbon-Lancy au-dessus des schistes famenniens. Les minutes de M. Michel-Lévy prouvent d'ailleurs qu'il avait adopté cette subdivision, mais qu'il ne l'avait pas suivie dans tous ses détails au milieu des réapparitions multiples des poudingues.

La voici résumée :

Tournaisien. — Grès et schistes fossilifères, partiellement traversés par des éruptions orthophyriques contemporaines et entremêlés de poudingues.

Famennien. — Schistes psammitiques.

Frasnien. — Cornes amphiboliques, porphyrites amphiboliques contemporaines.

Les schistes famenniens se relient stratigraphiquement de la façon la plus nette à ceux qui se sont montrés fossilifères aux environs de Mont et de Bourbon-Lancy.

Le métamorphisme du granite, intéressant tout le Frasnien, empiète sur les schistes famenniens, formant une zone qui atteint 1.500 m. de largeur entre Mont-Petit et « au Creux » ; il attaque même la première trace de poudingues tournaisiens que nous venons de rencontrer à Buzon et y transforme en amphibole le calcaire soit en galets, soit en débris dans la pâte.

Un seul axe anticlinal subsiste ici, l'axe n° II. Les pendages, dans la région de Saint-Seine, se font vers l'Ouest ; dans la région métamorphisée de Cressy, ils se font vers l'Est ; la ligne séparative, entre ces deux régions de pendages opposés, passe dans les schistes famenniens, un peu à l'Est de l'étang de Raity ; elle paraît coïncider avec l'axe anticlinal n° II.

Failles tertiaires, lambeaux triasiques et liasiques des environs de Ternant. — L'étude des lambeaux secondaires des environs de Ternant, étoilés de failles au milieu des terrains paléozoïques de la région, m'amène à esquisser, tout à fait sommairement, la succession des mouvements tangentiels ou verticaux dont la région a été le théâtre depuis le soulèvement hercynien.

M. Michel-Lévy a établi que ce soulèvement a présenté sa phase maximum à la fin des éruptions microgranulitiques, après le Viséen, avant le Stéphanien.

Les dépôts stéphaniens et permiens inférieurs, remplissant l'affaissement d'Autun, sont encore redressés à plus de 45° sur le bord oriental de ce bassin. Il y a donc encore eu des mouvements tangentiels après les affaissements qui ont immédiatement suivi les plissements les plus intenses du système hercynien. Mais le remplissage de ces affaissements indique nettement que l'érosion avait déjà commencé son œuvre sur une grande échelle. Nous venons d'établir qu'elle datait même du commencement du Tournaisien qui, sur toute sa hauteur, comporte des poudingues et des grès.

A la fin du Permien et du Trias inférieur, les plis hercyniens, dans le Morvan, étaient réduits à l'état de pénéplaine; les dépôts triasiques moyens l'avaient partiellement envahi, la mer liasique totalement.

Le relief actuel du horst du Morvan n'est donc dû, comme l'a établi M. Michel-Lévy dans un mémoire de 1899 [91], qu'au retentissement des systèmes pyrénéens et alpins sur la région.

Ces retentissements sont, d'après lui, de deux espèces ; il s'est produit, dans l'ensemble du pays, des plis à grand rayon de courbure, dont les voûtes ont eu une tendance à s'effondrer (Charollais, etc.) ; en outre, le horst s'est bordé d'une série d'effondrements tertiaires dont les failles limitatives ont parfois suivi les décrochements du système hercynien, réouverts après avoir été minéralisés (filons de quartz et de sulfures divers) à l'époque triasique et liasique.

C'est ainsi qu'un de ces décrochements du système varisque a pris en écharpe le Morvan de Pierre-Pertuis à la Petite-Verrière et à Mesvre.

A l'Est de ce faisceau de failles, le Morvan est doucement escaladé par les dépôts triasiques et liasiques jusqu'à ses points culminants (les Amans, la Vente-Italienne) suivant les découvertes de Collenot.

A l'Ouest, un triangle surélevé, dont la pointe est dirigée vers le Nord, est limité par ce faisceau diagonal et par la faille terminale occidentale, jalonnée par les eaux chaudes de Saint-Honoré et de Bourbon-Lancy.

Ce triangle ne présente plus dans ses parties hautes, qui constituent les plus hauts sommets du Morvan, aucune trace de Trias ou de Lias surélevé. Ces terrains ont été évidemment balayés par les érosions.

C'est sur le bord de ce triangle, aux environs de Ternant et de la faille terminale, que se rencontrent encore quelques esquilles secondaires Le Trias y est représenté par des marnes irisées où domine la couleur rouge, avec parties argilo-sableuses; il est surmonté par un niveau de grès rhétien, puis par un calcaire siliceux en dalles, peu fossilifère, attribuable à l'Hettangien. Le Sinémurien à Gryphées (banc bleu des carriers) est bien développé et recouvert par le calcaire à Bélemnites du Charmouthien. Les carrières de pierre à chaux et de pierre à bâtir sont nombreuses dans le Sinémurien (2 carrières sur la rive droite du vallon du Creux, sur la route de Ternant à Cressy, en face d'Azy, 1 carrière à Fromenteau, 1 à l'Est de Leverne, 1 à Fouvry). Le calcaire est fort rare aux alentours et très recherché pour le chaulage des terres granitiques.

Cet ensemble de terrains secondaires ne dépasse pas 20 m. d'épaisseur. Les couches y sont dirigées N. 20 à 30° E. et leur pendage est de 10 à 20° O. N. O. ; la direction des couches dévoniennes et carbonifères sous-jacentes est également N. 20° E. ; mais leur pendage est généralement bien plus accentué vers l'Ouest (30° à 60°). La discordance est particulièrement facile à voir au Devan et à Billerete, où les schistes dévoniens sont très froissés, et dans la montée du nouveau chemin de Hiry à Pomeray, au Sud de ce hameau, au-dessus des schistes carbonifères.

Les directions des failles, telles qu'elles sont portées sur la première édition de la feuille au 80.000° d'Autun, sont à rectifier légèrement; ces failles décompo-

sent le lambeau secondaire en trois esquilles continues, dont une seule au Sud et deux au Nord, dans lesquelles la succession est régulière ; les lèvres abaissées sont vers l'Est. L'esquille la plus au Sud est bordée vers l'Est par une faille presque verticale, nettement délimitée par son passage entre la carrière de poudingues carbonifères, au Sud de Conneuf, et la carrière de calcaire à gryphées, en face d'Azy, située à 100 m., vers le S. E. et à même altitude; cette faille est également facile à relever sur le chemin des Bresses à Raity, à 150 m. à l'Ouest du point 302; l'on y voit le contact des schistes dévoniens avec les terrains gras et rouges des Marnes Irisées. La faille fait un redan brusque vers l'Ouest au droit du hameau de Conneuf qui se trouve sur les calcaires liasiques, puis va s'atténuant très rapidement vers le Nord après avoir traversé une faille transversale Est-Ouest qui sépare l'esquille du Sud des deux esquilles du Nord.

Ces deux dernières forment deux bandes parallèlles, allongées vers le N.N.O., séparées sur les deux tiers de leur longueur par une rentrée de Carbonifère, vers Apussy. L'esquille la plus à l'Ouest (Fouvry. Hiry) n'est bordée par des failles que dans sa partie Sud et possède son entourage triasique complet, reposant directement sur les terrains anciens au Sud-Ouest et à l'Est. les pendages y sont généralement plus faibles que dans les autres esquilles (10° en moyenne).

L'esquille orientale est bordée par une faille N.-S., obliquant légèrement vers l'Ouest dans sa partie Nord et qui met successivement en contact tous les niveaux triasiques et liasiques avec le redan carbonifère d'Apussy; elle va s'atténuant vers le Nord et se perd dans les terrains anciens où il est impossible de la suivre.

La coupe de Chapuis à Leverne, qui traverse les deux esquilles du Nord dans la partie où elles sont contiguës (fig. 10), donne une idée approximative de

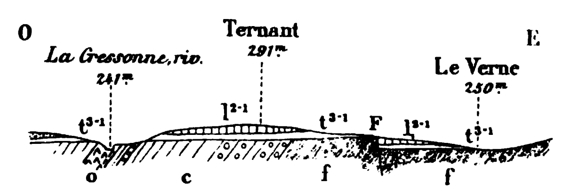


Fig. 10. — Coupe passant par Chapuis, Ternant, Le Verne.

l^{2-1}. Lias, t^{3-1}. Trias, c. Tournaisien (schistes et poudingues), f. Famennien (schistes), o. Orthophyre, F. Faille. Echelle 25.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

l'amplitude des failles dans cette région Le jeu de la faille N.-S. qui met en contact les Marnes Irisées et le calcaire à Bélemnites, à l'Ouest de Leverne, a pour valeur l'épaisseur même de ces terrains, à peu de chose près, épaisseur que j'ai estimée, d'autre part, être de 20 m. environ. Ailleurs, où le contact le long des failles a lieu entre terrains secondaires et terrains anciens, leur amplitude ne dépasse vraisemblablement pas 30 à 40 m. Nous avons vu que les pendages des couches dévoniennes et carbonifères variaient entre 30 et 60°, c'est-à-

dire étaient de 45° en moyenne ; une faille, parallèle à la direction des couches, produirait, dans ces conditions, un déplacement maximum en surface horizontale de même valeur, soit de 30 à 40 m., perpendiculairement à cette direction. Un tel déplacement, appréciable sur le terrain, ne l'est plus sur une carte au 50.000e. Nous verrons bientôt le parti que l'on peut tirer de ces constatations pour rejeter l'hypothèse de récurrences de mêmes niveaux anciens de l'Est à l'Ouest, par failles seulement, et non par plis multiples.

Constatons qu'il existe sur cette bordure occidentale du voussoir triangulaire surélevé du Morvan, à très petite distance de la grande faille terminale abaissée vers l'Ouest, de petites failles dans lesquelles l'abaissement s'est produit, à l'inverse, sur la lèvre Est. Toutes ces failles sont dues à des mouvements tertiaires ; les failles de Ternant étant vraisemblablement le résultat de légers tassements du horst après l'effondrement de la lèvre occidentale.

Bandes tournaisiennes entre Saint-Seine et Ternant. La Forge de la Loge. — Que deviennent dans cette région bouleversée et en parties recouverte par les terrains secondaires, les bandes S. O.-N. E. de terrains anciens ?

Les schistes gréseux, que nous avons reconnus aux abords de Saint-Seine, forment une bande régulièrement allongée du S. O. au N. E. entre Saint-Seine et le flanc S. O. du coteau 291 de Ternant. Il est facile d'y retrouver des empreintes fossilifères ; j'en signalerai trois gisements :

1° L'un sur le chemin de La Forge de la Loge à Azy, à 250 m. à l'Est de la route de Saint-Seine à la Nocle, avant le sommet de la côte, dans des bancs affleurant sur le chemin, à 50 m. avant la première maison rencontrée (direction N. N. E. pend. 80° O.). C'est le gisement 1 (*d*) (p. 48) ;

2° Un second, en remontant le vallon du ruisseau du Creux ;

3° Un troisième sur la grande route de Ternant à la Nocle, dans la descente à 400 m. à l'Ouest de Ternant.

De ces trois gisements, le plus riche et le seul que j'ai étudié en détail, est celui qui se trouve au-dessus de La Forge de la Loge. Voici les fossiles que j'y ai reconnus :

Ostracodes nombreux (*Bairdia* sp., *Entomis* sp.)
Phillipsia Derbyensis Mart,
Loxonema acutum Kon.
Schizostoma sp.
Bellerophon sp.
Edmondia sp.
Aviculopecten sp.
Chonetes variolata d'Orb.
Spiriferina cf. *octoplicata* Kon.
Martinia lineata Mart.
Fenestella plebeia M'Coy.
Archæocidaris Nerei Münst.
Palæchinus Rutoti Jul.

Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.

Je signalerai, en outre, l'existence d'une dent de poisson, appartenant vraisemblablement à un Dipneuste. Trois espèces sont particulièrement abondantes, *Aviculopecten* sp. à ornements très fins, *Martinia lineata* Mart., *Chonetes variolata* d'Orb.

Phillipsia Derbyensis Mart n'a pas été trouvé dans les autres gisements du Morvan. Alors que la plupart des fossiles de La Forge de la Loge atteignent leur maximum de développement au Tournaisien, ce Trilobite paraît jusqu'alors caractéristique des niveaux viséens (Chap. IV). Il faut en conclure que les schistes gréseux de La Forge de la Loge représentent la partie tout à fait supérieure du Tournaisien ; le mélange des faunes tournaisiennes et viséennes y paraît probable.

De puissantes masses d'orthophyre terminent vers l'Ouest les éperons de schistes et de grès carbonifères, que forment les collines d'Azy, de Conneuf et de Ternant sur la rive gauche de la vallée de la Cressonne ; l'alignement de ces trois masses d'orthophyre, dans une direction absolument parallèle à celle des sédiments carbonifères, permet de conclure qu'elles sont les restes d'une coulée épanchée sur les grès tournaisiens. Nous verrons que l'analyse pétrographique et chimique les classe bien dans la série orthophyrique dont nous avons rencontré le premier échantillon au Sud de Saint-Seine et qui se distingue entièrement de la série albitophyrique famennienne.

Cette roche est activement exploitée dans d'importantes carrières à La Forge de la Loge et fournit un bon empierrement.

Vers l'Est, de l'autre côté de la bande tournaisienne qui atteint 400 m. de largeur, se retrouvent les poudingues déjà rencontrés sur le chemin de Saint-Seine aux Bresses ; ils ont encore une direction N. 5 à 10° E. et un pendage vers l'Ouest sur la route de Saint-Seine à Triboulet, sous le signal 323 et sur la route de Saint-Seine à Azy.

Poudingues tournaisiens de la carrière de Conneuf. — Ils sont exploités dans une grande carrière sous le hameau de Conneuf, sur le flanc Sud de la butte 284. La carrière, ouverte perpendiculairement à la direction des couches sur une largeur de 50 à 60 m. et sur 15 à 20 m. de profondeur, permet d'étudier de près leur allure et leur constitution. Elle est subdivisée en trois carrières secondaires dont la plus grande est celle qui se trouve le plus à l'Ouest ; on rencontre dans chacune d'elles une alternance régulière de lits schisteux, froissés et sans fossiles, ne dépassant pas 40 cm. d'épaisseur et de bancs de poudingues compacts variant entre 1 et 8 m. ; il y a environ cinq de ces bancs, et l'ensemble atteint 20 à 25 m. d'épaisseur ; la direction des couches est entre N. 25 et 30° E., avec un pendage vers l'Ouest de 30° ; quelques petites failles rabaissent légèrement les couches à l'Est, préludant à la faille qui fait affleurer les terrains secondaires à l'extrémité Est de la carrière, dans le fond du vallon du Creux et sur le chemin qui monte au S. E. de Conneuf (fig. 11).

La pâte du poudingue est gris verdâtre foncé ; elle est formée de débris de quartz, de feldspaths et de lydiennes noires, cimentés par du quartz. Elle est très compacte et montre, seulement sur les surfaces décomposées, des alvéoles de dimensions variées, au droit des galets dégangués. C'est donc un ciment arkosien et siliceux.

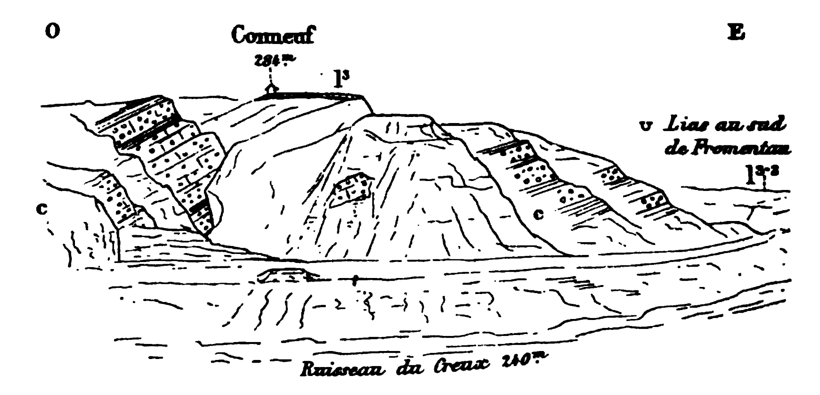


Fig. 11. — Carrières dans les poudingues tournaisiens au Sud de Conneuf, vues de la butte d'Azy au Nord.

l1-3 Lias, c. Tournaisien (poudingues et schistes). Echelle 7000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

Les galets, dont les dimensions varient de 2 à 20 cm., sont franchement roulés. Ils ne se laissent isoler que dans les endroits très décomposés. La plus grande partie d'entre eux a été formée aux dépens de quartzites silicifiés gris verdâtre, clairs ou noirâtres, à cassure brillante et à aspect gras, provenant de bancs gréseux immédiatement antérieurs, de la base du Carbonifère ; nous en avons recueilli de semblables, non remaniés, au Sud de Bourbon-Lancy et sur la retombée des couches, vers le granite, dans les environs de Chalmoux ; nous en rencontrerons de nouveau entre Raity et Fletty ; ils abondent sur la feuille de Château-Chinon sous forme de grès lustrés, alternant avec des poudingues.

On y trouve, en moindre quantité, des galets de lydiennes, schistes noirs silicifiés, dans lesquels le microscope permet de déceler des traces de tiges d'encrines indéterminables et presque effacées par la silification, puis des galets de porphyrites dans lesquels les feldspaths sont blaviéritisés.

Les proportions relatives de ces différentes espèces de galets sont environ les suivantes :

Galets de quartzites arkosiens 2/3 ;
Galets de lydiennes noires 1/6 ;
Galets de porphyrites 1/6.

Les poudingues affleurent encore dans le vallon qui descend de Ternant vers la Cressonne, au voisinage des Marnes Irisées, mais seulement en un banc peu

épais ; ils sont, ici, immédiatement inférieurs aux schistes gréseux fossilifères.

Eperon carbonifère d'Apussy. — Les différentes formations tournaisiennes que nous venons de parcourir entre St-Seine, le Mt-d'Azy et Ternant, disparaissent vers le Nord-Est sous les niveaux secondaires affaissés ; mais cette disparition n'est que momentanée. Si, en effet, nous prenons la nouvelle route qui monte au N. E. de Ternant vers Apussy, après avoir traversé des sables hettangiens puis les Marnes Irisées, nous rentrerons, aux Sablons, après 1 km. dans des schistes carbonifères rubéfiés ; ces schistes, brusquement interrompus à l'Est par la faille N.-S. qui borde l'esquille secondaire orientale, et recouverts vers l'Ouest par le Trias de l'esquille secondaire occidentale, forment un éperon, détaché des formations anciennes du Nord et pincé vers le Sud entre les terrains secondaires.

Cet éperon part du sommet 398 et vient disparaître sous le Trias à 2 km. au Sud, au-dessous du hameau des Sablons. Suivons la route des Sablons à Apussy et à Fouvry qui le recoupe dans sa longueur. Deux filons orthophyriques y forment des affleurements, l'un avant les premières maisons d'Apussy, l'autre après ce hameau, à la croisée du chemin de Vignonerie. Entre ces deux filons, des schistes gris verdâtre, très psammitiques, constituent les talus du chemin (ils sont dirigés N. 20° E. et pendent vers l'Ouest de 40° ; après la dernière maison d'Apussy, à 100 m. au Sud du chemin transversal de Vignonerie, ces schistes deviennent fossilifères et m'ont donné une faune tournaisienne relativement riche. C'est le gisement n° 2 (p. 48).

Les fossiles principaux sont les suivants :

Ostracodes nombreux (*Bairdia* sp.).
Phillipsia aff. *subtruncatula* D. P. Oehl. man.
Orthoceras sp.
Loxonema acutum Kon.
Loxonema Lefebvrei Kon.
Portlockia pymæa Kon.
Schizostoma crateriforme Kon.
Edmondia sp.
Productus scabriculus Mart.
Productus semireticulatus Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Orthotetes crenistria Phill.
Rhipidomella Michelini Lév.
Schizophoria resupinata Mart.
Spirifer cf *tornacensis* Kon.
Spirifer Roemerianus Kon.
Spiriferina partita Portl.
Athyris Roissyi Lév.
Fenestella plebeia M'Coy.
Glauconome pulcherrima M'Coy.

Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.

Les petits Gastéropodes, les Spirifères sont ici très abondants ; *Phillipsia* aff. *subtruncatula* D. P. Oehl., n'y est pas rare ; Julien signale à la Varville des débris de *Griffithides seminiferus* Phill., qui me paraissent plutôt appartenir à cette espèce. D'autre part *Spirifer* cf. *tornacensis* Kon. que j'ai recueilli, ne peut être assimilé avec le véritable *tornacensis* (voir Chap. IV).

Quoi qu'il en soit, la plupart des espèces d'Apussy se retrouvent dans les gisements étudiés par Julien ; elles sont tournaisiennes. *Phillipsia subtruncatula* Oehl. dont le Trilobite, trouvé ici, se rapproche, est également tournaisien.

Les faunes de St-Seine et d'Apussy sont très semblables, quoique les faciès lithologiques soient un peu différents dans les deux gisements ; les schistes d'Apussy sont fins et psammitiques et non gréseux comme ceux de St-Seine.

Au delà du chemin de Vignonerie, la route traverse à nouveau des schistes où transparaissent de rares empreintes de tiges d'encrines ; puis les schistes, vers la butte 298, ne fournissent plus aucun débris organique ; ils sont très rubéfiés en surface, par suite de la proximité des marnes triasiques.

Poudingues de Vignonerie. — De l'autre côté de l'esquille secondaire orientale, à l'Est des maisons de Vignonerie, les terres de décomposition superficielle laissent mal entrevoir les terrains sous jacents ; mais ces terres elles-mêmes se chargent, en telle abondance, de morceaux de poudingue carbonifère et de galets, que l'on est en droit d'affirmer l'existence, en ce point, de poudingues démantelés en surface mais qui se retrouveraient en profondeur. D'ailleurs, sur le chemin, avant le « Petit Satenot », à 300 m. plus à l'Est, affleurent de petits bancs de poudingues en place au milieu des schistes.

Au « Petit Satenot » même, on perd les dernières traces des formations de rivage et l'on entre dans les psammites gris foncé qui se relient vers le Sud avec les formations franchement famenniennes.

De ces dernières constatations, on peut conclure qu'aucun accident tectonique nouveau n'est venu troubler la succession stratigraphique bien mise en évidence sur le parallèle de St-Seine : schistes psammitiques famenniens, surmontés par des poudingues de la base du Tournaisien, puis par des schistes tournaisiens plus ou moins fossilifères, en épais bancs, traversés et recouverts par des épanchements d'orthophyres

Les failles de faible amplitude auxquelles nous devons la conservation des esquilles secondaires, non encore atteintes par les érosions, ont à peine influé sur la direction générale des plissements hercyniens et les niveaux successifs du Tournaisien se retrouvent au droit d'Apussy, avec les mêmes écarts qu'ils ont à St-Seine.

Nous verrons dans l'étude qui va suivre de la région de Savigny, que de nouveaux accidents tectoniques, ceux-là, hercyniens, viennent compliquer l'étude des niveaux anciens dès le Moulin-du-Comte, Pomeray et Boucharin, aux confins de la région que je viens de décrire, bien plus que ne l'avaient fait les petites

failles tertiaires et les couvertures de terrains secondaires des environs de Ternant.

Coupe n° VI.— *passant par La Sarrée, La Place (au Sud de Savigny-Poil-Fol), Boucharin, Ponay, Chauvetière, Le Solitaire* (Pl. VII).

Tufs microgranulitiques. — J'ai été conduit dans le choix du tracé de cette coupe par ce fait que les directions de plis, devenant plus franchement N. E., alors que la bordure tertiaire et quaternaire s'écarte au contraire sensiblement vers l'Ouest, de nouvelles formations, non encore rencontrées dans le Sud, se montrent ici, qui vont prendre vers le Nord une extension considérable. Des roches à pâte pétrosiliceuse, remplies de débris feldspathiques anguleux, pétries de paillettes de mica, régulièrement orientées, contenant du quartz bipyramidé, généralement verdâtres foncées, quelquefois rougeâtres ou jaunâtres, tantôt compactes et résistantes, quelquefois litées et schisteuses, toujours inhomogènes, donnant des terrains de décomposition caractérisés par une couleur brune assez claire, se rencontrent, en effet, à l'origine occidentale de cette coupe.

Ce sont les tufs orthophyriques de la première édition de la Carte, les grès métamorphiques anthracifères de Grüner dans la Loire, les porphyres noirs de De Charmasse J'ai été amené à modifier leur nom parce que je réserve le nom de tufs orthophyriques aux tufs qui accompagnent les couches tournaisiennes et qui vont, en réalité, avec de vrais orthophyres éruptifs, souvent vitreux. Ces premiers tufs sont généralement blanchâtres, parfois flammés de vert (Vieille-Montagne), parfois brunâtres (Bar-le-Régulier), tandis que les tufs supérieurs possèdent une couleur noire, due à l'abondance de la biotite ; en maintes régions, les tufs supérieurs se marient si intimement avec la microgranulite qu'il est difficile de séparer les deux formations (région au N. E. de St-Honoré, environs du Mont-Préneley, détroit rocheux de la Loire entre le bassin de Roanne et celui de Montbrison, la Mère-Boitier aux environs de Cluny, la vallée de l'Azergue etc.). Pour ces diverses raisons, je propose de les nommer tufs microgranulitiques ; on verra plus loin qu'il y a lieu partout, dans le Morvan, le Beaujolais, la Loire et le Mâconnais, de leur attribuer un âge viséen. La pétrographie et l'analyse chimique confirmeront ce rapprochement avec la microgranulite.

Il existe donc d'abondantes formations tuffacées dans le Morvan ; nous en avons reconnu dans le Sud, dans les niveaux famenniens, allant avec des albitophyres.

Il en existe en pleine époque tournaisienne, comme nous le verrons dans l'étude de cette coupe et des suivantes, allant avec des orthophyres qui passent, par endroits, à des obsidiennes; ces derniers donnent des séries de roches violacées ou de teinte pâle (tufs blancs), contenant souvent des traces de remaniement par les eaux, sous forme de bancs arkosiens à petits galets ; ailleurs (Vieille-Montagne) nous en rencontrerons à aspect flammé (fond blanc, flammes vertes) où le microscope décèle des débris entiers de roches orthophyriques, décomposées et silicifiées. Sur le terrain, on distinguera les tufs viséens surtout

par leur richesse en mica hexagonal qui leur donne des couleurs foncées (le plus souvent noires ou vertes, quelquefois rouges).

Après ce rapide aperçu sur cette difficile question des tufs, sur laquelle je reviendrai dans un prochain chapitre, nous suivrons plus aisément la succession complexe que va nous offrir le chemin de Savigny à Sauvetière.

Sur la route de Remilly à Savigny Poil-Fol, par La Sarrée, après le débouché de la laie sommière qui vient de Manœuvrerie, les tufs viséens affleurent sur 100 à 150 m. de long, bordés vers l'Ouest par les dépôts argilo-sableux du Tertiaire.

Schistes et grès fossilifères de Pomeray. — Ces tufs reposent vers l'Est sur une série schisto-gréseuse fossilifère, facile à étudier dans la route nouvelle qui descend du point 307 vers le hameau de Pomeray et qui se prolonge vers Hiry. Cette série débute, à sa partie supérieure, par un mince niveau de schistes et de poudingues qui apparaît en bas de la descente, à 50 m. au Nord de la première maison de Pomeray, dans le talus Ouest de la route; les galets de quartzites et de lydiennes sont petits, la pâte est schisteuse et grise; plus au Nord sur le chemin qui descend de 307 dans le vallon, à l'Ouest de Siguret, ce même niveau de poudingues n'apparaît plus et le contact se produit directement entre les tufs et les schistes gris noir prolongés.

Gisement fossilifère au Nord de Pomeray, n° 6 (a). — Mais revenons au chemin de Pomeray : sous ce niveau supérieur s'étagent des bancs schisteux gris jaunâtre, très froissés, dont certains sont littéralement pétris de fossiles ou mieux de leurs empreintes (talus Est du chemin) La direction des couches est ici N. 5° E. avec pendage d'environ 65° O. Certains bancs schisteux supérieurs sont riches en fossiles brisés; d'autres forment des plaquettes couvertes principalement par *Athyris Roissyi* Lév., conservés en entier; au-dessous de ces schistes passent des bancs gréseux, jaunes, dans lesquels abondent surtout les Rhynchonelles.

Voici la liste des fossiles recueillis sur les 100 m. de talus et que j'ai pu reconnaître :

Loxonema acutum Kon.
Bellerophon cf. *bicarenus* Lev.
Edmondia sp.
Productus scabriculus Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Orthotetes crenistria Phil.
Rhipidomella Michelini Lév.
Martinia lineata Mart.
Athyris Roissyi Lév.
Rhynchonella acutirugata Kon.
Archæocidaris Nerei Münst.
Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.

Il faut noter dans ce gisement l'abondance particulière d'*Athyris Roissyi*, Lév. et des Rhynchonelles, ces dernières paraissant groupées dans un niveau inférieur et plus gréseux que les autres fossiles signalés. *Bellerophon* cf. *bicarenus* Lév. est vraisemblablement le même qui fut autrefois découvert à Recoulon.

L'âge tournaisien de la faune reste, ici encore, probable.

Tufs et brèches d'orthophyres tournaisiens à l'Ouest de Savigny-Poil-Fol. — Ces schistes et grès reposent sur une formation mi-schisteuse, mi-tuffacée, fort peu homogène, dont les deux types extrêmes sont formés d'une part par des schistes remplis de larges paillettes de micas hexagonaux orientés, avec rares feldspaths en débris, d'autre part, par des brèches à pâte pétrosiliceuse, remplies de feldspaths brisés et d'éclats de roches orthophyriques et obsidienniques, qui ne contiennent pas de micas hexagonaux. Tout porte à croire que ces dépôts tuffacés et bréchiformes correspondent à une période d'éruptions, immédiatement antérieure à celle des microgranulites ; les tufs formés commencent, en effet, à participer des caractères des tufs viséens (présence des paillettes de mica); mais ils s'en différencient encore nettement par leur richesse en débris de roches orthophyriques.

La descente de la nouvelle route, au Sud de Pomeray, jusqu'au bord de la Cressonne, nous montre le passage des schistes fossilifères aux schistes tuffacés à paillettes de mica, du premier type. La direction des couches est ici toujours N. 25° E. ; mais leur pendage est de 45° E., donc inverse des pendages relevés à Apussy et au Nord de Pomeray ; ceci confirme l'hypothèse de l'apparition d'un nouvel anticlinal, à laquelle on verra que nous serons amenés. Une carrière, située un peu à l'Est de la nouvelle route, au Sud de Pomeray, sur le bord de la Cressonne, presque immédiatement sous les terrains secondaires, montre les schistes carbonifères silicifiés et rubéfiés par le voisinage des failles, avec intercalation de niveaux tuffacés à feldspaths et à micas.

Par contre, la route qui rejoint le point 307 à la maison d'école de Savigny, traverse des brèches inhomogènes à débris de feldspaths et d'orthophyres, nettement inférieures aux schistes fossilifères du Nord de Pomeray. Ces brèches sont ici très décomposées.

Lambeaux schisteux pincés à Savigny-Poil-Fol et à la Place. Lambeaux de poudingues et de grès. — Sous l'église de Savigny-Poil-Fol apparaît, dans la tranchée de la route, un lambeau schisteux très froissé et comme laminé. dans lequel une recherche attentive m'a donné des restes organisés (tiges d'encrines, *Spiriferina* sp.) ; le chemin qui descend vers le hameau de « La Place » recoupe également des pincements schisteux au milieu de roches tuffacées, très silicifiées ; les pendages sont très accentués vers l'Ouest.

A ces pincements schisteux succèdent, vers l'Est, des passages de lambeaux de poudingues provenant du remaniement d'orthophyres ou de porphyrites. Tel est le poudingue que recoupe la route, à 100 m. à l'Est de Savigny, dans la première descente de la route de Luzy ; les pendages y sont d'environ 50° vers l'Est. Tel encore un mince banc à petits galets, que recoupe le chemin de La Place à Boucharin, sur la rive droite de la Cressonne.

Epanchements orthophyriques et obsidienniques — Tout contre ces lambeaux de schistes et de poudingues se trouve accolée une puissante masse de roches éruptives. Sur la rive droite de la Cressonne (étang du Moulin du Comte) et dans le bas du village de Savigny, affleurent en effet des orthophyres rouge foncé à pâte fine, que l'étude pétrographique et chimique rapproche entièrement des roches recueillies au-dessus de la Forge de la Loge, près de Saint-Seine ; la colline sur laquelle est bâtie la ferme de Boucharin est, en grande partie, formée par une variété d'orthophyre violacé, devenant obsidiennique ; le microscope y décèle des parties entièrement vitreuses ; ces orthophyres violets se prolongent vers le Nord-Est ; on les retrouve sur la rive droite de la Cressonne, dans un chemin à l'Est de Savigny, à la croix de Boucharin.

Dans leur ensemble, ils forment deux masses interstratifiées qui affectent la direction moyenne des couches. Les pendages, d'ailleurs difficiles à saisir, y sont le plus souvent vers l'Est. Des schistes s'intercalent entre elles, non fossilifères, très froissés (dans la descente à l'Ouest de la ferme de Boucharin).

Poudingues et schistes fossilifères de la croix de Boucharin. Gisement n° 3 (*a*). — A ces formations éruptives fait suite, vers l'Est, une formation de poudingues avec alternances de bancs schisteux fossilifères et de grès. Les poudingues sont pareils à ceux de la carrière de Conneuf ; ils forment de multiples affleurements : sous la croix même de Boucharin ; en descente sur le chemin de cette croix au Petit-Satenot ; dans le sentier qui conduit à « La Place » ; mais ils prennent un développement particulier sur le bord de la Cressonne (rive gauche), au N. O. des bois de Ponay ; les bancs alternants de poudingues et de schistes, observés à Conneuf, se retrouvent ici, également épais et nombreux ; à la base de cet ensemble, j'ai relevé de minces lits à petits galets de quartzites et de porphyrites, noyés dans une gangue non plus arkosienne, ni quartziteuse, mais schisteuse. Nous retrouverons vers l'Est ce type de poudingue qui pourrait paraître spécial et d'un âge différent si l'on n'avait, par cette constatation, l'assurance qu'il se trouve à la base du poudingue quartziteux tournaisien.

Alors que, dans la carrière de Conneuf, les bancs schisteux intercalés dans les poudingues étaient sans fossiles, ici, au contraire, les schistes pincés dans les poudingues, que l'on suit le long du chemin de Savigny à la croix de Boucharin, sont très fossilifères (Direction N. 15° E, pendage 50 à 60° O.). C'est le gisement n° 3 (*a*) (p. 48). Il contient de nombreux fossiles, malheureusement très froissés, parmi lesquels :

Ostracodes nombreux (*Bairdia* sp., *Entomis* sp.).
Loxonema acutum Kon.
Loxonema Lefebvrei Kon.
Schizostoma crateriforme Kon.
Edmondia sp.
Parallelodon meridionale Kon.
Leiopteria cf. *columbo* Kon.
Sanguinolites inconspicuus Kon.

Aviculopecten cf. *granosus* Sow.
Productus scabriculus Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Spirifer Rœmerianus Kon.
Spirifer aff. *pentagonus* Kon.
Spirifer cf. *Urii* Flem.
Spiriferina peracuta Kon.
Athyris Roissyi Lév.
Martinia lineata Mart.
Archæocidaris Nerei Münst.
Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.

Le gisement est caractérisé par l'abondance des grandes tiges d'encrines enroulées, les nombreux *Spirifer* et *Athyris*. La plupart des fossiles signalés l'ont été également dans les gisements tournaisiens étudiés par Julien ; *Spirifer* aff. *pentagonus* Kon. fait cependant exception ; il n'a pas été trouvé par cet auteur et paraît se rapprocher d'une espèce viséenne ; sa détermination est trop imparfaite pour que l'on s'y arrête. Le chemin qui traverse les bois de Ponay, vers l'Est (point 356, E.-M.), recoupe, sur un parcours d'environ 200 m., d'autres bancs fossilifères, les uns schisteux gris et les autres plus gréseux et jaunâtres.

Les mêmes schistes et grès fins, argileux, fossilifères, se retrouvent sur la rive droite de la Cressonne, au Sud du sommet 328, sur le chemin de Savigny à Cuviny (gisement n° 3 (*b*)). M. Michel-Lévy les signale sur la feuille au 80.000e d'Autun (1881) ; il les parallélise avec les formations calcaires fossilifères de Diou et Gilly, les classant ainsi dans le Dévonien ; Julien y a, par la suite, recueilli quelques fossiles tournaisiens dont il a donné les déterminations suivantes (Domaine des Roches) [79, p. 168] :

Bairdia sp.
Capulus fimbriatus Kon.
Aviculopecten Pomeli nov. sp.
Aviculopecten ingratus Kon.
Aviculopecten biornatus Kon.
Parallelodon bistriatus Portl.
Productus semireticulatus Mart.
» *scabriculus* Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Spirifer tornacensis Kon.
Martinia lineata Mart.
Archæocidaris Nerei Münst.
Palæchinus Rutoti nov. sp.
Actinocrinus sp.
Syringopora distans Fisch.

Schistes famenniens au Château de Ponay. — En avançant vers l'Est, sur le chemin de la Croix de Boucharin au Bois de la Croix Charles, ou sur la route de Savigny à Chauvetière, on quitte les poudingues et leurs alternances schisteuses pour entrer dans des schistes psammitiques gris, qui se relient vers le Sud avec les formations famenniennes ; l'étang de Ponay et la butte 356, qui s'élève au Sud, montrent des affleurements où l'on pourra constater une inversion nette des pendages qui se font vers l Est et non plus vers l'Ouest (Direction N. pend. E. 30°).

Poudingues et quartzites du bois de la Croix Charles et de Cuviny. Métamorphisme des poudingues. — La traversée de ces schistes n'est pas de longue durée, car à environ 1 km. 1/2 de la bordure des poudingues de l'Ouest, on rencontre à nouveau des poudingues et des quartzites.

Ils débutent par des couches à pâte schisteuse, noirâtre, avec petits galets souvent impressionnés de quartzites ou de lydiennes (sur le chemin de Ponay à Cuviny, avant la traversée de la Cressonne); ces couches sont identiques à celles que je viens de signaler à la base des poudingues de Boucharin. Elles précèdent des couches à plus gros galets et à pâte quartziteuse, qui restent encore entremêlées de bancs schisteux (montée sur la route du champ de la Barette au bois de la Croix Charles). Elles sont vraisemblablement tournaisiennes comme à Boucharin.

Mais déjà l'action métamorphisante du granite, dont nous nous rapprochons, vient donner aux terrains un faciès spécial. Alors que les poudingues, sur le chemin de Cuviny, paraissent encore intacts, les schistes et la pâte schisteuse des premiers poudingues, dans la montée, après le champ de la Barette, sont micacés et maclifères ; les galets quartziteux, plus résistants à la pénétration des gaz et vapeurs de fumerolles, paraissent encore intacts ; toutefois, dès l'entrée du bois, des couches de poudingues (direction N. 170° E. pend. E. 30), à galets de quartzites et de porphyrites, sont en entier métamorphisées. L'état de décomposition dans lequel sont les terrains sur cette route ne permet pas de faire ici l'étude approfondie de ces phénomènes de métamorphisme dans les poudingues : plus au Nord, de meilleurs gisements s'offriront à nous.

Tous les éléments quartzeux de la roche sont nourris de quartz de deuxième formation ; le mica noir s'y développe ; quelquefois l'amphibole y apparaît aux endroits où se sont accumulés les calcaires dévoniens remaniés. La roche résultante est un quartzite, en général blanchâtre ou jaunâtre, quelquefois vert plus ou moins foncé, dans lequel les galets sont effacés.

Tous les sommets qui séparent le pays schisteux de l'Ouest du pays granitique de l'Est, depuis Rigny, au Sud, jusqu'au bois de la Croix Charles que nous traversons en ce moment, sont formés par ces quartzites métamorphisés, résistants, dont l'ensemble est dirigé N. 10° E. (pendage 30 à 60° E.), comme l'est aussi la ligne de faîte elle-même On y relève des traces nettes de poudingues au N. E. de Satenot, sous les bois de Barbançon et au-dessus du château de Satenot, vers l Est. Un filon de quartz, N. 170° E., les traverse sur la route à 100 m. à l'Ouest de Renisot ; dans la descente au Nord-Est de ce hameau, à

100 m. du granite, la roche se charge de mica blanc et de pyrite et rappelle tout à fait le quartzite de Chiseuil, que j'ai assimilé à cette formation carbonifère, métamorphisée.

Sur la route de Chauvetière, le contact avec le granite a lieu à 100 m. du col (404 E.-M.) à l'Est de Preirieaux; on reste ensuite pendant 2 km. sur un granite à grands cristaux qui tombe en arènes à sa surface ; le hameau de Chauvetière est bâti sur cette roche (altitude 360 m.).

Extrémité Sud du flottement carbonifère à l'Ouest de Luzy. — En continuant sur la route de Luzy vers l'Est, on remonte à une altitude d'environ 380 m. au Sud du sommet de Versondy; le granite devient à grains fins, puis cesse pour faire place à une série de roches quartziteuses et schisteuses, très métamorphisées, parfois gneissifiées, dont les débris jonchent le sol vers la Croix Guichard et jusqu'à la ferme du Solitaire sur 2 km. 1/2 de l'Ouest à l'Est; pour peu que l'on descende vers le Sud dans le vallon du ruisseau des Bretaches, en s'abaissant d'une vingtaine de mètres, on retrouve le granite. Nous verrons que les terrains métamorphiques, que nous venons de traverser, forment l'extrémité méridionale d'un lambeau carbonifère qui se détache de la bordure régulière des terrains paléozoïques à l'Ouest, dans les bois de Luzy, et vient flotter vers l'Est sur le granite. Il est intéressant de constater ici combien la digestion des strates par le granite, en profondeur, s'est faite régulièrement; les couches, encore stratifiées, occupent en effet les hauteurs de Versondy et du Solitaire, à des altitudes voisines de 380 à 400 m.; au-dessous de la courbe de niveau de 370 m., le granite réapparaît.

Au delà du Solitaire vers l'Est, le granite subsiste seul ; aucun lambeau paléozoïque ne réapparaît plus. De grandes carrières y ont été ouvertes dans la côte de la route de Luzy à Bourbon-Lancy, au-dessus de Saint-André (Est du sommet 440).

Résumé de la coupe n° VI. — De la description détaillée que je viens de faire de cette coupe, ressortent des difficultés nouvelles, qu'il y a lieu d'interpréter, avant de s'avancer vers le Nord.

A la succession simple relevée dans la partie Ouest de la coupe n° V, entre Saint-Seine et le Mont-d'Azy, dans laquelle n'apparaît qu'un seul niveau fossilifère franchement au-dessus des poudingues, nous avons à opposer la succession complexe suivante, relevée sur le terrain, entre la Sarrée et le Ponay, dans la partie Ouest de la coupe n° VI.

VISÉEN. — Tufs microgranulitiques.

TOURNAISIEN:
- Poudingues, *grès* et *schistes fossilifères* (Pomeray (6, *a*)).
- Tufs et brèches d'orthophyres, arkoses (type Vieille-Montagne).
- *Schistes fossilifères* (Savigny).
- Orthophyres en coulées.
- Poudingues et *Schistes fossilifères* (Boucharin (3, *a*), domaine des Roches (3, *b*)).
- Poudingues.

FAMENNIEN. — Schistes psammitiques (Ponay).

Nous relevons ici, non plus une, mais bien trois bandes schisteuses fossilifères, que les fossiles nous ont démontrées être tournaisiennes. Devons-nous y chercher trois horizons successifs en hauteur ou bien des réapparitions d'un même horizon par plissements multiples des couches? ou encore par failles comme Julien l'a avancé?

Voyons l'argument paléontologique et pour cela anticipons quelque peu sur les descriptions futures, en complétant les données fossilifères antérieurement acquises, par celles que fournissent les régions, plus au Nord, de Siguret, de Chanaud, de la Varville, de Recoulon, sur les trois bandes fossilifères prolongées. Un tableau résumant les caractéristiques paléontologiques des différents gisements, rangés suivant leur place dans chaque bande, en allant du Sud au Nord et de l'Est à l'Ouest, facilitera la discussion.

Faisons de suite abstraction de la bande intermédiaire trop déchiquetée et laminée pour fournir des fossiles utiles De nombreux caractères, non indiqués sur le tableau précédent, paraissent, *à priori*, communs à tous les gisements; l'abondance des tiges d'encrines, l'existence des mêmes Gastéropodes et Lamellibranches, des mêmes Bryozoaires, des mêmes Échinides et Anthozoaires, la fréquence des Spirifères, la rareté des *Productus*.

Les caractères différentiels, relevés dans le tableau ci-dessus, résultent principalement de l'étude comparative de certains Crustacés et Brachiopodes. Il y a des différences marquées entre deux gisements d une même bande, mais aucune entre les deux bandes prises dans leur ensemble.

Dans la première bande, *Spirifer* cf. *tornacensis*, Kon., abondant à Saint-Seine, à Apussy, à Boucharin, aux Roches, manque à la Forge de la Loge, à Recoulon.

Dans la deuxième, ce même *Spirifer* existe à la Varville, non à Pomeray ni à Siguret. Il se retrouve donc dans les deux bandes, mais sporadiquement dans chacune d'elles.

Productus scabriculus Mart. et *semireticulatus*, Mart. existent partout dans la première bande, sauf à la Forge de la Loge et à Recoulon, partout dans la deuxième bande.

Athyris Roissyi Lév. est très abondant à la Croix de Boucharin et à Pomeray, dans deux gisements appartenant aux deux bandes. *Martinia lineata* Mart. se trouve à la Forge de la Loge et au Domaine-des-Roches dans la première bande, à Siguret et à la Varville dans la deuxième.

A Chanaud, des bancs gréseux, pétris de Rhynchonelles, paraissent caractéristiques de la première bande : illusion trompeuse, car les mêmes Rhynchonelles abondent à Pomeray, dans des grès analogues de la deuxième bande.

Le gisement de la Forge de la Loge est seul riche en *Phillipsia Derbyensis* Mart., dans la première bande; la deuxième bande en présente probablement à la Varville? (collection Julien).

Phillipsia cf. *subtruncatula* D. P. Oehl. est abondant à Apussy dans la première bande, non à la Forge de la Loge où seul existe *Phillipsia Derbyensis* Mart; il se retrouve à la Varville dans la deuxième bande.

Synchronisme et âge des deux bandes fossilifères. — La conclusion, à laquelle

EST — **Gisements fossilifères tournaisiens** — OUEST

PREMIÈRE BANDE Les niveaux fossilifères sont schisteux, gréseux, entremêlés de poudingues ; au sommet des grandes masses de poudingues ; métamorphisés par le granite au Nord.		BANDE INTERMÉDIAIRE Les niveaux fossilifères sont schisteux, très froissés, entremêlés de poudingues et de brèches orthophyriques		DEUXIÈME BANDE Les niveaux fossilifères sont schisteux, gréseux, entremêlés de poudingues, au-dessous des tufs microgranulitiques.	
SUD Saint-Seine 1 (*a*, *b*, *c*). Grès.	Abond. : Spiriferina partita, Portl. Rares : Spirifères et Productus. Exclus. : Conocardium aff. irregulare, Kon.				
Forge de la Loge 1 (*d*) Grès.	Abond. { Chonetes variolata, Orb. / Martinia lineata, Mart. Rare : Spiriferina partita, Portl. Exclus. { Phillipsia derbyensis, Mart. / Aviculopecten sp.				
Apussy 2 Schistes.	Abond { Spirifer cf. tornacensis, Kon / Phillipsia cf. subtruncatula, Oehl. Rare : Prod. scabriculus, Mart.				
Croix de Boucharin 3 (*a*) Schistes.	Abond. { Athyris Roissyi, Lév. / Spiriferina partita, Portl. / Spirifer sp. Rare : Prod. scabriculus, Mart.			N. de Pomeray 6 (*a*) Grès et schistes.	Abond. { Athyris Roissyi, Lév. / Rhynchonella cf. acutirugata, Kon. Rares { Productus scabriculus, Mart. / Bellerophon sp.
Domaine des Roches 3 (*b*) Schistes-grès fins	Abond. { Spirifer tornacensis, Kon. / Martinia lineata, Mart. / Prod. scabriculus, Mart.	Savigny-Poil-Fol Schistes.	Débris encrines, lamelli-branches.	O. de Siguret 6 (*b*) Schistes.	Abond. { Chonetes variolata, Orb. / Martinia lineata, Mart. / Spiriferina partita, Port. Rares { Phillipsia cf. subtruncatula, Oehl. / Productus scabriculus, Mart / Bellerophon sp. Exclus. : Porcellia puzo, Lév.
Chanaud 4 Grès fins.	Abond. : Rhynchonella cf. acutirugata, Kon.	Som 349 N.-O. de Chanaud.	Id.		
NORD Recoulon 5 (*a*, *b*) Schistes.	Abond. { Orthotetes crenistria, Phill. / Fenestella plebeia, M'Coy. / Glauconome pulcherrima, M'Coy. Rare : Bellerophon bicarenus, Lév.			La Varville (7) Schistes.	Abond. { Spirifer tornacensis, Kon. / — rœmerianus, Kon. / Prod. scabriculus, Mart. / — semireticulatus, Mart. Rare : Phillipsia cf. subtruncatula, Oehl. Exclus. : Brachymetopus duponti, Jul.

conduit l'étude paléontologique, est donc que les réapparitions schisteuses de l'Est à l'Ouest appartiennent à un même étage au point de vue fossilifère. Les variations de faune, constatées le long de ces réapparitions, ne vont pas toujours avec des variations de faciès lithologiques ; Saint-Seine et la Forge de la Loge, dont les faunes diffèrent quelque peu, sont sur un même banc de schistes gréseux que l'on peut presque suivre à travers champs. Par contre, les Rhynchonelles paraissent affectionner particulièrement les bancs gréseux (Chanaud-Pomeray).

En admettant la possibilité de trouver par de nouvelles recherches tous les fossiles dans tous les gisements, nous expliquerons cependant la fréquence de certains fossiles dans certains gisements, par le triage et la lixiviation, exercés par des courants côtiers dans les amas de coquilles. Les fossiles recueillis appartiennent pour la plupart en effet à la zone néritique ; ils sont brisés, souvent mélangés à des poudingues et à des tufs, donc certainement charriés par les eaux.

La question de l'âge absolu des grès et des schistes fossilifères du Morvan n'est vraiment éclaircie qu'après l'étude des faunes et des faciès des régions viséennes de la Loire. On arrive alors à la conviction que les niveaux fossilifères du Morvan sont inférieurs à ceux de la Loire et doivent représenter le sous-étage tournaisien des géologues belges.

C'est la conclusion à laquelle fut conduit Julien en se basant seulement sur des arguments paléontologiques [79 p. 171]. L'absence de toute étude stratigraphique et tectonique lui fit étendre, à tort, cette conclusion à des niveaux supérieurs qui représentent, à mon avis, le Viséen dans le Morvan.

Sans revenir sur la comparaison détaillée des faunes tournaisienne du Morvan et viséenne de la Loire, j'indiquerai cependant les caractères les plus frappants qui permettent de les différencier : c'est avant tout l'abondance des Spiriferidés, la rareté des Productidés, l'absence des grands *Productus* (*Pr. giganteus* Mart., *Pr. corrugatus* d'Orb.) dans le Tournaisien du Morvan ; ce sont les Echinides à plaques plus réduites, les Trilobites plus abondants et plus variés dans le Tournaisien ; d'autre part, les fossiles du Morvan ne se rencontrent jamais que dans des schistes et dans des grés ; ceux du Viséen de la Loire sont très généralement dans des calcaires noirs fétides, surmontés de schistes calcarifères, souvent transformés en grauwackes ; les Foraminifères que le microscope m'a permis de voir dans ces calcaires viséens n'ont, nulle part, pu être décelés dans les niveaux tournaisiens du Morvan.

Il ne paraît donc pas douteux que les couches fossilifères du Morvan et de la Loire appartiennent à deux niveaux distincts, le premier du Tournaisien et le second du Viséen ; mais il ne faut pas croire que ces niveaux soient très distants l'un de l'autre ; ils paraissent tout au contraire forts voisins ; les gisements du Morvan contiennent quelques fossiles à affinités franchement viséennes (*Phillipsia Derbyensis* Mart. ; *Conocardium* aff. *irregulare* Kon.) qui dénotent déjà un mélange avec la faune viséenne ; les gisements de la Loire sont signalés par Julien lui-même comme appartenant à la base du Viséen.

Il est nécessaire de rappeler que je ne peux accepter les autres conclusions de Julien ; d'une part, le Morvan présente localement des témoins du Viséen cal-

caire, analogue à celui de la Loire, comme nous le verrons à Cussy et à l'Huis-Prunelle. D'autre part, j'ai découvert dans les niveaux métamorphisés de la Loire les équivalents des poudingues tournaisiens du Morvan.

Anticlinal de Savigny-Poil-Fol. — Bien que fixés sur la constance des faunes, nous restons en présence de deux hypothèses pouvant expliquer tectoniquement les trois réapparitions de schistes fossilifères, de l'Ouest à l'Est, dans la coupe n° VI.

Sommes-nous en présence d'une série sédimentaire tournaisienne continue avec, dans son épaisseur, trois niveaux schisteux interstratifiés au milieu de tufs et de poudingues ? ou d'un même horizon schisteux qu'un jeu de plissements ferait réapparaître trois fois ?

Cette dernière hypothèse est la plus plausible ; en effet :

1° La constance des faunes serait difficilement admissible dans une série sédimentaire dont l'épaisseur atteindrait environ mille mètres ;

2° Le relevé de nombreux pendages met en évidence une zone passant au Sud de Pomeray et à l'Est de Savigny-Poil-Fol, dans laquelle les pendages se font vers l'Est, à l'inverse de ceux relevés dans la bande de Pomeray, Siguret et dans celle de Boucharin, Chanaud, Recoulon, qui se font vers l'Ouest ; cette zone correspond à la retombée d'une voûte anticlinale dont l'axe est fort bien jalonné, vers l'Ouest, par des tufs orthophyriques ; nous verrons ces tufs passer latéra-

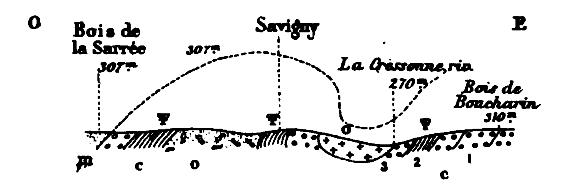


Fig. 12. — Coupe schématique entre la Sarrée, Savigny-Poil-Fol et Boucharin, montrant les trois récurrences de Tournaisien fossilifère.

m. tufs microgranulitiques (viséens), c. Tournaisien (1. poudingues de base, 2. schistes et grés fossilifères, 3. poudingues supérieurs, o. orthophyres, tufs et brèches orthophyriques). Echelle 25.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

lement à la série des poudingues violets à petits galets qui, un peu plus au Nord, forme la base du Tournaisien (Haut-d'Avrée). Le flanc occidental de cet anticlinal de Savigny est représenté par les schistes de Pomeray, Siguret ; son flanc oriental est très laminé et correspond aux schistes et poudingues de Savigny-Poil-Fol ; l'axe synclinal qui le borde vers l'Est est jalonné par les épanchements d'orthophyres obsidienniques de la ferme de Boucharin qui sont, ainsi, supérieurs aux schistes fossilifères et aux poudingues de la Croix de Boucharin et des bois de Ponay, comme les orthophyres de la Forge de la Loge, plus au Sud, étaient supérieurs aux grès fossilifères de Saint-Seine.

Au-dessous des schistes fossilifères de la Croix de Boucharin, s'étagent les grands bancs de poudingues, correspondant à ceux de la carrière de Conneuf. Leur pendage se fait franchement vers l'Ouest.

Puis vient le passage, ici fort rétréci, des schistes famenniens, immédiatement suivi par une large bande de quartzites métamorphisés qui débute par des poudingues ; les pendages relevés dans cette dernière formation, sont à l inverse de ceux constatés à l'Ouest : ils se font vers l'Est; ainsi se dessine la deuxième voûte anticlinale rencontrée dans cette coupe; son axe est jalonné par les schistes famenniens; son flanc oriental vient s'implanter dans le granite à l'Ouest de Chauvetière. Quant aux formations très métamorphisées du flottement des bois Luzy, elles appartiennent aux quartzites et aux poudingues tournaisiens et paraissent jalonner un ancien anticlinal que la montée du granite au Sud et au Nord a fait disparaître.

Cette coupe n° VI présente donc deux anticlinaux et les vestiges d'un troisième ; elle traverse vers le Ponay l'anticlinal n° II ; un anticlinal nouveau, le n° III, apparaît à l'Ouest de celui-ci, à Savigny; nous le suivrons longtemps vers le N.N.E. Enfin, vers l'Est, c'est un lambeau du n° I que le granite et l'érosion ont respecté.

Résumé des connaissances anciennes et nouvelles sur la région traversée par les coupes I à VI. — Maintenant que nous avons recoupé successivement presque toutes les formations paléozoïques qui se rencontrent sur la feuille d'Autun et sur celle de Château-Chinon, il est intéressant de rappeler de quelle façon mes devanciers les ont figurés et ont compris leurs agencements réciproques. Tous ont admis l'existence de strates précambriennes suivant l'opinion émise par Grüner, Fournet, etc..., qui considéraient le granite comme antérieur au Dévonien et au Carbonifère. Cette roche éruptive est donc bordée sur les cartes précédentes par un liseré plus ou moins continu de schistes précambriens (x de l'ancienne carte géologique au 80.000e).

M. Michel-Lévy, sur la première édition des feuilles de Charolles et d'Autun, a prolongé le Dévonien de Diou et de Gilly vers le Nord, tout en le creusant d'un synclinal carbonifère aux abords de la Loire ; ce Dévonien devait théoriquement faire place au Carbonifère le long de la ligne de poudingues de l'Ouest ; mais cette ligne avait été reportée au delà de Recoulon et du Domaine des Roches. Ce n'est qu'à la suite de l'établissement de la seconde voie du chemin de fer de Luzy, que M. Michel-Lévy a rapporté au Tournaisien le plus inférieur ces deux points fossilifères.

Il n'est fait mention sur cette première édition ni des tufs albitophyriques famenniens, ni des tufs orthophyriques tournaisiens. Les quartzites qui jouent avec les poudingues de la base sont le plus souvent attribués au Dévonien, ainsi qu'une partie des tufs orthophyriqnes, flammés de vert (Vieille-Montagne), qui s'y associent.

Néanmoins et abstraction faite de la retombée vers l'Est des strates tournai-

siennes, attribuées au Précambrien (x), la compréhension de la région nous a été singulièrement facilitée par ces feuilles au 80.000• qui datent déjà de plus de 20 ans ; en particulier la limite de nos tufs microgranulitiques (anciens tufs orthophyriques de la Carte) est généralement exacte et dessine déjà très nettement les principaux synclinaux de la région.

Julien a abusé du Précambrien [79, p. 186 189] ; il y rangeait la plupart de nos schistes famenniens et ne classait dans le Dévonien que les récifs coralliens de Diou et de Gilly; pour lui, le marbre de Champrobert et les schistes qui l'accompagnent représentent probablement aussi un faciès du Précambrien qui touchait directement les formations carbonifères, avec lacune de toutes les autres formations paléozoïques. A son avis, le granite et la granulite sont antérieurs au Carbonifère et au Dévonien et c'est par erreur que M. Michel-Lévy a cité des pointements granulitiques dans des schistes dévoniens.

La science doit à Julien la détermination précise du niveau de Diou et une détermination détaillée de la faune tournaisienne des schistes et grès de la Varville, de Siguret et du domaine des Roches. Il a accompagné ses descriptions de fossiles d'une seule coupe schématique de la région entre Chauvetière et les tufs microgranulitiques d'Avrée, en passant par Savigny Poil-Fol. Dans cette coupe, il attribue à un niveau supérieur, immédiatement sous les tufs en question, les poudingues carbonifères; les grès et schistes fossilifères sont sous ces poudingues; les orthophyres et les tufs orthophyriques du Tournaisien, si abondants justement au droit de cette coupe sont totalement ignorés, et pour expliquer la réapparition, maintes fois constatée, des poudingues et des niveaux fossilifères, il recourt à l'opinion simpliste d'une série de failles en escalier, rabaissant les voussoirs de l'Est de la même façon que sont rabaissés les voussoirs jurassiques de Ternant.

J'ai traité plus haut cette question, je n'y reviendrai pas.

On voit que ma contribution personnelle est facile à résumer en quelques mots : j'ai mis en évidence l'existence du Famennien sur de vastes surfaces et donné ainsi raison à l'hypothèse de M. Michel-Lévy; j'ai montré que les quartzites, rapportés par mon devancier au Dévonien, sont de la base du Tournaisien et doivent être associés aux poudingues qui apparaissent à divers niveaux dans toute la hauteur de cet étage A ce faciès de rivage s'ajoute l'intercalation de tufs, de brèches et de coulées éruptives dès le sommet du Famennien et dans le Tournaisien. J'ai prolongé notablement vers le Sud la connaissance de points fossilifères tournaisiens et donné dans des coupes précises les principaux niveaux des poudingues de la base, des grès et schistes fossilifères, et des orthophyres. En outre, j'ai pu ajouter quelques données nouvelles à la physionomie de la faune tournaisienne morvandelle, données qui me paraissent la rajeunir sensiblement.

Enfin, j'ai fourni des preuves, que je crois convaincantes, pour attribuer au Tournaisien, et en partie, au Famennien, les grès et schistes modifiés par le granite et précédemment attribués au Précambrien.

Le granite passait pour occuper la place d'un anticlinal ; non seulement cette

donnée tectonique m'a paru inexacte, mais j'ai prouvé qu'en maints endroits les schistes paléozoïques sont pris en sifflet par cette roche éruptive de profondeur.

Région tournaisienne comprise entre Siguret et Chanaud. Porphyrite amphibolique du point 328. — Les schistes que nous avons vus être fossilifères sur la route de descente de la Sarrée à Pomeray, se prolongent d'une manière continue vers le N. N. E. ; on les retrouve également fossilifères, dans les champs, à 150 mètres à l'Ouest des premières maisons de Siguret ; de même à 200 m. à l'Ouest de « chez le Beau », sur le chemin de Savigny à Charnay.

Julien a recueilli les espèces suivantes dans le gisement de Siguret (n° 6 *b*.)

Griffithides seminiferus Phill.
Bairdia sp.
Loxonema vittatum Kon.
Loxonema Lefebvrei Lév.
Scalites humilis Kon.
Straparollus convolutus Kon.
Schizostoma crateriforme Kon.
Phanerotinus serpula Kon.
Porcellia Puzo Lév.
Bellerophon sublævis Pot. et Mich.
Parallelodon bistriatus Portl.
Parallelodon meridionale Kon.
Entolium Witryi Kon.
Productus scabriculus Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Chonetes crassistria M'Coy.
Orthotetes crenistria Phill.
Spiriferina partita Portl.
Spiriferina peracuta Kon.
Martinia lineata Mart.
Retzia serpentina Kon.
Rhynchonella acutirugata Kon.
Archæocidaris Nerei Münst.
Palæchinus Robineti Jul.
Cladochonus Michelini M. Edw. et J. Haime.

J'y ai retouvé moi-même des débris de Gastéropodes et de Lamellibranches, quelques *Productus*, d'abondants *Martinia lineata* Mart. Vers l'Ouest, les schistes de Siguret sont immédiatement recouverts par les tufs viséens microgranulitiques ; des filons de microgranulite les traversent tout près du contact. Vers l'Est, ils reposent sur les formations arkosiennes et tuffacées, déjà rencontrées sous la maison d'école de Savigny (type Vieille-Montagne) et qui se prolongent vers le N N. E., se faisant recouper en tranchées par la nouvelle route de Chanaud au Haut-d'Avrée (point 349 et 343 E.-M.).

La région basse qui s'étend à l'E. S. E. des Brouillats, entre Siguret et la Grande-Brosse, est mi-partie boisée, mi-partie en prairies et en étangs ; aussi est-il difficile d'y suivre la limite exacte des schistes fossilifères et des tufs viséens d'une part, de ces schistes et des tufs tournaisiens de l'autre La présence en profondeur des tufs microgranulitiques est pourtant signalée par l'existence de leurs terrains de décomposition, caractéristiques; ce sont des arènes micacées, brunes et argileuses, meubles sur une forte épaisseur et exploitées dans les bois, à l'Est des Brouillats, pour tuileries, en carrières profondes de 3 à 4 m.

Gisement fossilifère de Chanaud (n° 4). — Au N. O. et au S. E. de Chanaud se retrouvent les deux bandes schisteuses, recoupées vers le Sud à Savigny et à Boucharin. Au N. O., ce sont des bancs fossilifères très laminés et entremêlés de tufs tournaisiens et de poudingues, comme à Savigny (le gisement est entre Chanaud et le point 349, sur la route du Haut-d'Avrée). Au S. E., ce sont des bancs schisteux et gréseux, fossilifères, qui s'étagent dans la montée du vallon de Chanaud (direction N. N. E., pendage O. 30°).

Outre des tiges d'Encrines, des Lamellibranches et des Gastéropodes abondants, j'y ai trouvé un banc gréseux très riche en Rhynchonelles, semblables à celles déjà signalées à Pomeray.

Au sommet 328 (au S. O. de Chanaud) affleure une roche verte, très foncée, qui n'est autre qu'une porphyrite amphibolique; la direction de la salbande, visible au Nord, est E.-O. et le contact avec les schistes fossilifères paraît se faire par faille; les schistes recueillis au contact même sont, en effet, froissés, sans trace de recuit ; ils montrent des tiges d'encrines déformées. La composition minéralogique et chimique de cette porphyrite la rapproche des roches vertes de Cressy ; son apparition au milieu de formations tournaisiennes est difficile à expliquer. Nous ferons remarquer cependant que l'axe anticlinal n° III passe à l'Ouest, fort près de cette porphyrite et va rejoindre, au château de Veau, des affleurements famenniens percés par le granite et présentant, en outre, en leur milieu, quelques affleurements de porphyrite amphibolique. Cet anticlinal, ainsi jalonné par des roches à faciès ancien (frasnien), laisse, à l'Est, les schistes micacés et les poudingues de Recoulon et à l'Ouest, les poudingues et les tufs orthophyriques du château de Veau.

Coupe n° VII. — *Le long de la route départementale de Decize à Autun par Luzy, entre Le Bas-Charnay et Luzy (sur 13 km de longueur)* (Pl. VII). — J'ai été conduit dans le choix du tracé de cette coupe, par le désir de montrer, dès son origine, un nouvel anticlinal prenant naissance à l'Ouest de ceux déjà étudiés (nous le suivrons fort loin vers le N. N. E.) et aussi par celui d'établir les successions exactes aux environs de la Varville, du château de Veau et du domaine des Bois. On sera peut-être surpris de trouver les deux coupes VIII et IX, à très petites distances au Nord de la coupe n° VII ; ces trois coupes se succèdent, en effet, sur une distance de 3 km., du Sud au Nord ; la complication des contours, aux abords de la vallée de l'Alène, due à la multiplication des anticli-

naux et aux abaissements rapides vers le Nord des axes des plis, a rendu nécessaire un tel rapprochement.

Transportons-nous, afin de prendre la coupe n° VII à son origine occidentale, à environ 2 km. au Sud du village de Remilly, sur la route qui vient de Fours, traversant des terrains argilo-sableux qui s'arrêtent sur le flanc occidental des collines de Lanty, le long d'une courbe de niveau voisine de 260 m. Tout près de sa bordure limitrophe, le revêtement tertiaire affecte des caractères un peu spéciaux ; après Champ-Denot, il contient des amas de sables surmicacés ; à Clenecy, des débris de grès triasiques qui indiquent l'emplacement d'anciens lambeaux secondaires démantelés.

Quartzites et brèches orthophyriques à Charnay et à Lanty. — A 100 m. à l'Est de l'embranchement de la route de Ternant (par la Sarrée), apparaissent des tufs microgranulitiques, dont les surfaces décomposées affleurent dans les fossés de la route de Luzy. Ces affleurements, percés de filons de microgranulite, cessent rapidement pour faire place à des quartzites parfois arkosiens, très décomposés, le long de la route, au-dessous du signal 372 de Lanty, sur deux km. de longueur. Sur le chemin de Charnay à Remilly, les quartzites sont blancs et micacés (à mica blanc), ayant subi un métamorphisme de granulite, analogue à celui des quartzites de Chiseuil (entrée du bois, au S. O. de 304, E.-M.) ; ils se chargent en face de Mont-Chevet d'amphibole et passent à des cornes amphiboliques.

Dans la descente du chemin des Brouillats, les quartzites deviennent bréchiformes et contiennent des fragments d'orthophyres et des débris de feldspaths ; ils passent à la formation des brèches éruptives tournaisiennes, déjà vue à l'Ouest de Savigny-Poil-Fol et que nous retrouverons très développée dans l'allongement vers le Nord de cette bande quartziteuse tournaisienne, à l'extrémité méridionale de laquelle nous nous trouvons actuellement. Les tufs microgranulitiques affleurent, en effet, à Mignon, à la Baraque (au Sud de Charnay), aux Brouillats, à Montantaume, à la Grande-Brosse, et forment ainsi une ceinture complète, vers le Sud, à ces quartzites et brèches tournaisiens qui apparaissent autour de Lanty, pour s étendre en une large bande allongée au N. N. E. vers Semelay et la Vieille-Montagne. Le contour des tufs microgranulitiques est capricieux, formant deux éperons vers le Nord, à la Baraque et aux Brouillats, séparés par trois rentrants ; les deux éperons paraissent dus à deux petits plis anticlinaux secondaires, et les trois rentrants à trois petits synclinaux également secondaires.

Filons de microgranulites, de lamprophyres et filons de quartz au Sud de Lanty. — De nombreux filons de roches éruptives percent les brèches et les quartzites entre le Bas-Charnay et Lanty. Ce sont d'abord des microgranulites blanches et roses, à grands cristaux de feldspaths, qui forment un faisceau N. 80° E., en affleurements visibles dans les fossés de la route et exploités en carrières au S. O. de Lanty. La route du Bas-Charnay à Remilly recoupe également un de ces filons. Sur le chemin de Lanty à Chancelin, un filon de porphyre à quartz globulaire affleure vers le point 347.

Deux minces filons de lamprophyre (porphyrite micacée), dirigés N. N. O., traversent la route de Luzy, l'un à l'auberge de la Chaume (embranchement du chemin de La Baraque), l'autre 100 m plus à l'Est ; ces porphyrites sont verdâtres et contiennent des vacuoles, remplies de produits chloriteux qui forment, dans les endroits décomposés, de petites sphères résistantes.

Des filons de quartz, correspondant à une fracture E. N. E., constituent plusieurs pointements alignés suivant une même direction, l'un à l'entrée Sud du premier bois, sur la route de Charnay à Remilly, un autre sur le chemin, au Nord de la Chaume (sous 304), un troisième sur le chemin de la Grande Bosse aux Gris.

Tufs microgranulitiques. Brèches orthophyriques au Haut-d'Avrée. Schistes fossilifères de la Varville (n° 7). — Les tufs microgranulitiques, de nouveau recoupés par la grande route à la maison de la Grande-Brosse (304), forment une bande, large d'un km. environ, qui se dirige vers le N. N. E., se rétrécissant d'abord (au droit de la maison de la Varville) pour prendre une extension bien plus considérable sur les bords de l'Alène et dans le pays qui s'étend entre Semelay et Chiddes.

Deux routes, qui vont de la Grande-Brosse vers l'Est, sont intéressantes à parcourir pour l'étude du contact inférieur de ces tufs, au Sud d'Avrée.

La route directe de Luzy, qui est située le plus au Sud, montre le passage presque insensible (à 30 m. à l'Est de l'embranchement de Chanaud) des tufs microgranulitiques à des niveaux gréseux et schisteux, où se trouvent interstratifiées quelques couches à très petits galets (en particulier avant la route de Chanaud et avant les premières maisons du Haut-d'Avrée) ; leur remaniement par les eaux est donc incontestable ; mais ils passent latéralement aux tufs et brèches orthophyriques compactes, reconnus à l'Ouest de Savigny et qui se prolongent jusque tout près du « Haut d'Avrée », vers le Nord (point 343). Ces niveaux d'arkoses, de poudingues et de schistes entremêlés, inférieurs aux tufs microgranulitiques, sont ici d'une couleur violette foncée ; ils affleurent sur environ 1 km. 1/2 de largeur et passent à leur base aux poudingues francs, à galets de quartzite et à pâte arkosienne, du Tournaisien inférieur.

Si nous suivons maintenant la route de la Grande-Brosse à Avrée, qui monte vers le N. E., puis celle d'Avrée à Luzy qui rejoint la route directe après le point ou nous l'avons abandonnée, nous trouvons immédiatement sous les tufs microgranulitiques, à la sortie Est du bois de la Brosse, une série de grès schisteux, jaunes, ocreux par endroits, contenant des moules déformés de fossiles brisés. Ces schistes ont été l'objet de recherches importantes exécutées par Julien dans les champs attenant à la maison de la Varville (gisement n° 7). Cet auteur y a découvert de nombreux fossiles [79, p. 107].

Griffithides seminiferus Phill.
Phillipsia Barrandei Jul.
Brachymetopus Duponti Jul.
Entomis concentrica Kon.

Bairdia sp.
Orthoceras Martinianum Kon.
Naticopsis propinqua Kon.
Loxonema acutum Kon.
Loxonema Lefebvrei Kon.
Portlockia pygmæa Kon.
Straparollus lævigatus Lév.
Schizostoma crateriforme Kon.
Phanerotinus serpula Kon.
Bellerophon sublævis Pot. et Mich.
Capulus uncus Kon.
Lepetopsis Leforti Jul.
Sanguinolites inconspicuus Kon.
Parallelodon bistriatus Portl.
Leiopteria Van den Broecki Jul.
Productus semireticulatus Mart.
Productus scabriculus Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Chonetes Giraudi Jul.
Strophomena analoga Phill.
Orthothetes crenistria Phill.
Rhipidomella Michelini Lév.
Schizophoria resupinata Mart.
Spirifer tornacensis Kon.
Spirifer Roemerianus Kon.
Spirifer distans Sow.
Spirifer Urii Flem.
Spiriferina peracuta Kon.
Martinia lineata Mart.
Retzia ulothrix Kon.
Athyris Roissyi Lév.
Athyris lamellosa Lév.
Rhynchonella acutirugata Kon.
Dielasma insigne Kon.
Discina nitida Phill.
Fenestella plebeia M'Coy.
Fenestella Morrisii M'Coy.
Glauconome pulcherrima M'Coy.
Monticulipora tumida Phill.
Archæocidaris Nerei Münst.
Palæchinus Robineti Jul.
Actinocrinus icosidactylus Portl.
Actinocrinus triacontadactylus Miller.
Poteriocrinus spissus Kon. et le Hon.

Poteriocrinus radiatus Austin.
Poteriocrinus plicatus Austin.
Amplexus coralloides Sow.
Zaphrentis sp.
Cyathaxonia sp.

Cette liste considérable de 53 fossiles est le résultat de fouilles prolongées ; de ces fouilles, actuellement comblées, il ne reste aucune trace ; aussi n'ai-je récolté dans mes courses à la Varville que quelques empreintes trouvées sur les talus de la route, au-dessous des tufs ; empreintes de tiges d'encrines, de *Rhipidomella Michelini* Lév., d'*Ortholetes crenistria* Phill. et de quelques autres espèces. J'ai pu, grâce à l'obligeance de la famille Julien, retrouver dans la collection particulière de l'ancien professeur de la Faculté de Clermont, quelques fossiles provenant de la Varville.

Les débris de Trilobites que Julien a rapprochés de *Griffithides seminiferus* Phill. et ceux pour lesquels il a créé une espèce nouvelle *Phillipsia Barrandei* Jul. doivent être considérés, à mon avis, comme appartenant au *Phillipsia* cf. *subtruncatula* D. P. Oehl. man. ; *Brachymetopus Duponti* Jul. est représenté par une seule tête et un pygidium ; c'est une espèce évidemment très rare et d autant plus intéressante ; *Spirifer tornacensis*, Kon., trouvé par Julien, est assez écrasé, mais rappelle cependant beaucoup mieux l'espèce du Tournaisien de Belgique, dont la Faculté de Clermont possède de nombreux spécimens, que *Spirifer* aff. *tornacensis* Kon. trouvé par moi dans les gisements de Boucharin et d'Apussy.

Les schistes, à la Varville, sont très froissés et leur direction paraît quelque peu capricieuse ; pourtant, ils ont, dans l'ensemble, un pendage net vers l'O. N. O. ; un filon d'orthophyre les recoupe à l'étang d'Avrée ; dans la descente d'Avrée au cimetière, ils disparaissent sous des poudingues à galets de quartz, de quartzites, d'orthophyres et de porphyrites qui leur sont supérieurs ; quelques galets de microgranulite indiquent leur postériorité probable au Tournaisien et leur âge vraisemblablement viséen. Ces poudingues font très rapidement place aux tufs microgranulitiques qui existent dans le cimetière même.

A 200 m. d'Avrée, sur la route de Luzy par le domaine des Caqueriaux, le fossé permet de reconnaître un passage de schistes gris, à tiges d'encrines, qui se rattachent à ceux de la Varville. Ces schistes deviennent maclifères dans le chemin qui monte vers le « Haut-d'Avrée » ; cela ne doit pas nous surprendre, puisque nous avons déjà rencontré des poudingues tournaisiens très métamorphisés ; nous verrons d'ailleurs des exemples encore plus probants de pointements tournaisiens métamorphisés.

Sous ces schistes et à 100 m. environ du domaine des Caqueriaux, s'intercalent des bancs arkosiens violets, entremêlés de bancs schisteux et de tufs orthophyriques.

Puis, à la première crête, à l'Est du domaine des Caqueriaux, passe un banc

de poudingues à grands éléments et de quartzites, dont la base est métamorphisée.

Poudingues du château de Veau. — Ce sont les mêmes poudingues que l'on trouve vers le Sud aux abords immédiats du domaine et du château de Veau ; ils prennent ici un développement considérable ; leur direction est N.-S., leur pendage de 30° environ vers l'Ouest ; à l'étang du château et sur sa rive méridionale, une carrière est creusée, dans laquelle j'ai recueilli de ces poudingues très granitisés ; vers l'Est et vers l Ouest, affleurent, d'ailleurs, des lits de schistes maclifères ; les échantillons recueillis m'ont fourni :

1° Des poudingues à galets de quartzites nourris de quartz secondaire, à galets de porphyrites et d'orthophyres ; leur pâte est arkosienne ; elle contient des feldspaths brisés ; le métamorphisme s'y manifeste par la naissance de grands feldspaths automorphes, de formation posthume, et de paillettes de mica noir de granite ;

2° Ils contiennent, d'autre part, des arkoses feldspathisées, passant, par endroits, à des sortes de brèches tuffacées, très riches en éclats d'orthophyres, qui apparaissent comme un faciès latéral des éruptions orthophyriques observées aux environs de Savigny.

Le métamorphisme s'accentue beaucoup en certains points jusqu'à former une roche grenue très voisine du granite.

Dans la montée du petit chemin du château de Veau à Chanaud, il y a abondance de schistes maclifères et passage insensible à des arkoses violettes non métamorphisées, en tout semblables à celles du Haut-d'Avrée.

Ainsi, depuis les tufs microgranulitiques du bois de la Grande-Brosse, nous avons traversé une épaisse formation d'arkoses mêlées de brèches orthophyriques et de poudingues, montrant localement à leur partie supérieure un niveau de schistes fossilifères (La Varville) et à leur partie inférieure d'importants poudingues (château de Veau).

Lambeau dévonien à l'Est de Veau. — Au-dessous de ces poudingues, nous allons rencontrer, en avançant vers l'Est, un lambeau très étroit de schistes maclifères, percés par des porphyrites amphiboliques vraisemblablement dévoniennes ; ce lambeau affleure sur la route de Lanty à Luzy, à l'embranchement de la route d'Avrée, devant le petit chemin du domaine de Veau ; les schistes maclifères existent sur 100 m. dans les fossés de la route d'Avrée ; une porphyrite amphibolique, dirigée N. 25° E., les perce sur le chemin de Veau, tout près de son origine ; elle jalonne le passage de l'anticlinal n° III.

Schistes tournaisiens de Recoulon. — Dès que la route a traversé le vallon du ruisseau de Veau, elle monte, sur 100 m., vers un col très voisin de la ferme de Recoulon, et se trouve dès le bas de la côte sur un terrain de schistes gris, froissés, dont le pendage probable se fait vers l'Ouest ; ces schistes sont pétris de tiges d'encrines de grande taille, dont les ornements sont fort bien conservés ; le talus Nord de la route en est particulièrement rempli à 20 m. à l'Est du ruisseau de Veau ; au col même de Recoulon, le talus Sud m'a fourni des débris de Lamellibranches et de Brachiopodes peu déterminables. Ces schistes se relient

vers le Sud-Ouest avec la deuxième bande fossilifère, celle de Boucharin et Chanaud ; ils sont tournaisiens.

Ils ne cessent qu'après l'embranchement de la route de Savigny. En suivant cette route vers le S. O., j'ai pu constater que ces schistes y affleurent sur 1 km. jusqu'au chemin de l'Argolet ; des débris de Brachiopodes se montrent dans le fossé S. E. de la route, à 100 m. au N. E. du premier chemin de l'Argolet ; des tiges d'encrines, froissées, apparaissent dans les schistes sur le chemin transversal qui relie le bois de Veau au château de Veau.

Schistes famenniens maclifères du Grand-Moulin et de Champ-Besain. — Au-dessous de ces schistes tournaisiens affleurent, sur la route de Luzy, quelques bancs arkosiens violets, entremêlés de schistes gris maclifères ; ces schistes maclifères subsistent bientôt seuls et couvrent une grande étendue (800 m. de largeur), jusqu'au ruisseau de Fletty. Un filon de porphyrite les perce au Grand-Moulin. Sur le premier sentier qui descend de la route au passage à niveau d'Arcy, les bancs arkosiens métamorphisés, qui sont à leur partie supérieure, passent à une roche grenue, voisine du granite.

Vers le Sud, ils se relient à la bande famennienne que nous avons vue subir un premier étranglement au Ponay dans la coupe n° VI. La route de Bois de Veau à Fletty par Champ-Besain les traverse également, montrant quelques bancs arkosiens et gréseux métamorphisés, à leur partie supérieure.

Quartzites et poudingues tournaisiens de l'Est. Flottement des bois de Luzy. — Vers l'Est, nous retrouvons une série carbonifère, ici très métamorphisée, qui va nous montrer des poudingues, des quartzites métamorphiques, des schistes maclifères. Les directions de couches, toujours N. N. E., vont avec des pendages à l'Est plus ou moins accusés. C'est la retombée vers le granite du flanc oriental du grand anticlinal n° II, dont l'axe passe dans les schistes famenniens.

Alors qu'entre Champ-Besain et Fletty les schistes dévoniens viennent au contact de grès tachetés (vers le point 325, à 500 m. à l'Est de Fletty), sur la grande route de Lanty à Luzy ils supportent des bancs quartziteux, avec intercalations de poudingues métamorphisés à galets de quartz et de quartzites ; ces poudingues affleurent sur la route même, sur la rive droite du ruisseau qui descend de Chauvetière (sur 30 à 40 m.) ; ils plongent de 10 à 20° vers l'Est et disparaissent sous des schistes maclifères que l'on recoupe sur plus d'un km. ; une grande carrière, ouverte en leur milieu, à l'Est du point 288 sous Coutillat, montre les schistes presque horizontaux.

Sur le bord du ruisseau de Vernière, à 200 m. à l'Est de cette carrière et en contre-bas, j'ai trouvé de beaux poudingues à pâte de schistes micacés et tachetés et à galets de quartzites ; ils s'enfoncent au-dessous des schistes, au contact même du granite ; ce dernier forme, en effet, un éperon vers le Sud occupant toute la partie basse du flanc N. O. des sommets 380, 338 des bois de Luzy, alors que leur partie haute est constituée par des quartzites métamorphisés, à cassure brillante, saccharoïde et par des schistes maclifères et des grès tachetés ; à cet éperon granitique venant du Nord, il en correspond un autre qui vient du Sud par Lauverger et se termine dans la partie basse de la Forêt-Chenil, de telle

sorte que les terrains paléozoïques des bois de Luzy forment un flottement sur le granite, allongé dans le sens général des plis paléozoïques (S. O.-N. E.) et relié à ces derniers par une étroite langue de terrains non entièrement digérés (entre la Foret-Chenil et la Thomade).

La route de Luzy suit cette langue et reste dans des quartzites et des schistes métamorphisés jusqu'au col des bois de Luzy (au Sud de 353), puis entre brusquement dans le granite à la descente sur le fauboug du Carrage et sur Luzy.

Je signalerai encore un point où apparaissent des poudingues métamorphisés intéressants : la butte 341, à l'Est des Pessinières, au voisinage de carrières ouvertes dans une microgranulite à grains fins, dirigée N. 120° E. La salbande S. O. de cette microgranulite est constituée par un poudingue à pâte de schistes micacés et tachetés et à galets de quartz, de quartzites et de lydiennes, dans lesquels le métamorphisme paraît s'être manifesté de façon plus ou moins intense ; tantôt les galets sont presque intacts, à peine silicifiés ; tantôt ils contiennent du mica de granite en plus ou moins grande abondance. Les quartzites métamorphisés que l'on trouve en bancs sur la route de Luzy, ou en galets, comme aux Pessinières, présentent un caractère commun : leur cassure est brillante et à aspect gras.

En quelques points ces quartzites se sont montrés, au microscope, chargés d'amphibole : tels sont ceux de Fletty en bordure du granite et ceux des bois de Luzy sur le chemin des Pessinières.

Résumé de la coupe n° VII. — Cette coupe nous a montré la succession suivante :

VISÉEN	Tufs microgranulitiques. Poudingues à galets de microgranulite.
TOURNAISIEN souvent métamorphisé	Schistes fossilifères et arkoses. Arkoses, tufs et brèches orthophyriques. Poudingues de base.
FAMENNIEN métamorphisé	Schistes avec affleurements de porphyrites amphiboliques.

Le Tournaisien y est caractérisé par les variations brusques dans les faciès lithologiques ; les mouvements du sol ont produit des exondations et des submersions successives et répétées, accompagnées par des éruptions orthophyriques qui ont déposé des coulées, des tufs et des brèches.

Trois axes tectoniques principaux expliquent les réapparitions des mêmes niveaux de l'Ouest à l'Est :

1° L'anticlinal n° IV, jalonné par des quartzites tournaisiens et des tufs orthophyriques, bordé par des tufs microgranulitiques à l'Est et à l'Ouest ;

2° L'anticlinal n° III, jalonné par des schistes famenniens, accompagnés de pointements de porphyrites amphiboliques ; son flanc occidental est formé par les poudingues de la base du Tournaisien, et son flanc oriental par la bande tournaisienne n° I.

3° L'anticlinal n° II, jalonné par les schistes famenniens, bordé à l'Est et à

l'Ouest par les formations d'arkoses, de poudingues et de quartzites tournaisiens également développées, les pendages se faisant régulièrement vers l'Ouest à l'Ouest et vers l'Est à l'Est.

Enfin, le flottement de Luzy paraît correspondre à un quatrième anticlinal, réapparition probable de l'anticlinal n° I.

Ainsi, l'anticlinal le plus oriental, celui qui intéresse les schistes, quartzites et poudingues flottant sur le granite de Luzy, doit être la suite de celui de Perrigny, Chalmoux qui s'est enfoncé dans le granite près de Bryon et que j'ai numéroté I; puis vient l'anticlinal II, de Diou à la Roche-Millay, qui traverse toute la région et auquel succède vers l'Ouest, l'anticlinal III que nous avons vu naître au Sud de Pomeray; ce dernier passe à Savigny-Poil-Fol; nous le verrons se prolonger jusqu'à Champrobert. Enfin, nous venons de voir apparaître l'anticlinal IV aux environs de Charnay, qui rejoindra le Vernay et la Vieille-Montagne

L'action métamorphisante du granite atteint sur la bordure Est, aux environs de Luzy, un maximum de largeur, dû au flottage des schistes maclifères, grès tachetés et poudingues métamorphisés du Tournaisien. Mais là ne s'arrête pas l'action métamorphisante du granite. Il doit prendre naissance, à faible profondeur, jusqu'aux environs immédiats d'Avrée. Les poudingues tournaisiens du château de Veau et les schistes famenniens du chemin d'Arcy sont non seulement métamorphisés, mais largement feldspathisés par le granite. Ainsi se confirme que le Tournaisien n'est pas seulement métamorphisé le long de ses traînées orientales, mais que l'action modificatrice atteint une partie de ses bandes occidentales.

Coupe n° VIII. — *Le long de la voie ferrée, de la station de Remilly à Luzy* (Pl. VII). — Cette coupe, par le grand nombre des affleurements (tranchées ballastières) et par son itinéraire suivant le fond de la vallée de l'Alène, ne pouvait manquer d'être intéressante. Sa direction moyenne est E. S. E, donc franchement perpendiculaire à la direction moyenne des couches. Elle se maintient à une altitude comprise entre 230 et 260 m.

Malgré que vers le passage à niveau d'Arcy elle se rapproche fort de la coupe précédente (à moins de 1 km.), elle ne cesse de nous montrer des faits nouveaux et intéressants.

La station de Remilly est sur les alluvions; une terrasse d'alluvions anciennes apparaît bien nette sous les maisons de Remilly à 10 m. environ au-dessus du niveau actuel de l'Alène. La vallée se rétrécit rapidement vers l'Est pour traverser, pendant 11 km. environ, la bande paléozoïque élargie, dont les terrains résistants forment des sommets (350 à 380 m.) qui dominent assez brusquement le thalweg de 100 à 130 m.; vers Luzy, dans le granite, la vallée s'élargit à nouveau et le pays prend des formes plus rondes, plus doucement modelées.

Quartzites, tufs et brèches orthophyriques au Sud de Semelay. — A 700 m. à l'Est de la station de Remilly, la voie ferrée entre dans des quartzites arkosiens

silicifiés, percés de filons de microgranulite et entremêlés de tufs et de brèches orthophyriques quartzifiés qu'il est impossible de distinguer à l'œil nu. Le chemin de Le Mont, Saint-Laurent et Vignonerie traverse vers le Sud-Ouest des formations semblables. Au Moulin de Montécot, les quartzites, ici métamorphisés, sont entaillés par d'anciennes carrières, ouvertes autrefois comme ballastières. Sur le chemin qui monte au Haut-Marcot, on rencontre à 200 m. de la voie ferrée et à 20 m. au-dessus du fond de la vallée, une poche (de plus de 6 m. d'épaisseur) de kaolin très pur et blanc, qui a fait l'objet d'une exploitation, aujourd'hui abandonnée.

Deux nouveaux filons de microgranulite, l'un N. E., l'autre N N. E., traversent la voie ferrée avant le pont du chemin de Biez; les quartzites sont clairs et se chargent ici de mouches de pyrites; ils rappellent beaucoup ceux de Chiseuil.

Tufs microgranulitiques au Nord d'Avrée. — 150 mètres avant le passage à niveau de la route d'Avrée à Semelay, on entre dans des tufs micacés microgranulitiques, compacts et de couleur rouge ou verte foncée; ils forment de grands rochers dénudés au milieu de l'îlot que dessine le méandre de l'Alène, au S. O. du passage à niveau.

Deux étroits filons de microgranulite N. N. E. les recoupent le long de la voie ferrée, avant le deuxième pont sur l'Alène. Puis pendant 3 km., on traverse les tufs microgranulitiques ; trois tranchées que séparent deux vallons venant du S. O. permettent de les échantillonner. Ils sont généralement compacts et riches en quartz bipyramidé. Sur le parallèle d'Avrée, ils subissent un fort étranglement ; ils n'y ont plus en effet qu'1 km. de largeur. Leur élargissement vers le Nord et leur empiétement vers l'Est sont très rapides ; ils contournent en effet le village d'Avrée, au Nord ; leur limite suit une direction Ouest-Est jusqu'à l'éperon rocheux sur lequel se trouve construit le hameau des « Berthelots » et que contourne l'Alène par un brusque crochet vers le Sud.

Brèche orthophyrique et porphyrite amphibolique aux Berthelots. — Dans la tranchée du chemin de fer qui traverse l'éperon rocheux des Berthelots, exactement sous le pont donnant accès aux champs compris entre l'Alène et la voie ferrée, les tufs paraissent cesser brusquement et faire place à une roche noire, remplie de débris bréchiformes d'orthophyres et de porphyrites et dont la pâte contient d'abondants feldspaths brisés. Je rattache cette roche aux formations bréchiformes et tuffacées du Tournaisien.

On remarquera que la traînée de schistes fossilifères de la Varville a disparu et un peu plus au Nord nous constaterons que les tufs microgranulitiques touchent directement des roches famenniennes, sans interposition de Tournaisien. La brèche orthophyrique disparaît en effet vers les Berthelots, et les tufs microgranulitiques, dans une première tranchée de la route d'Avrée à Antrezit, reposent immédiatement sur un albitophyre compact que l'étude pétrographique et chimique conduit à classer dans la série des roches famenniennes.

Vers l'Est, en continuant notre marche le long du chemin de fer, nous entrons, après le pont sur l'Alène, dans une tranchée nouvelle qui débute par une fort belle porphyrite amphibolique, affleurant sur 200 m. Cette porphyrite

dévonienne disparaît au Sud sous l'épais manteau des terres superficielles; mais au Nord, elle reparaît et forme de très beaux affleurements sur la rive droite de l'Alène que l'affouillement des eaux a rendue abrupte et dénudée; elle contient de grands cristaux d'amphibole, visibles à l'œil nu. Elle n'occupe que le fond de la vallée et cesse à une altitude supérieure de 10 m. à celle de la rivière. Ainsi, le bombement d'albitophyres famenniens est accompagné, en profondeur, par quelques roches d'apparence encore plus ancienne (frasnienne) et il fait saillie, vers le Nord, au milieu des tufs microgranulitiques. Cette forme de contour indique bien le passage d'un anticlinal qui se trouve être l'anticlinal nº III.

Poudingues tournaisiens aux Berthelots. — Sur le flanc Est de cet anticlinal affleurent des formations plus récentes; une tranchée, fraîchement creusée sur le chemin d'Avrée à Antrezit, nous a montré, en effet, à l'Est du hameau des Berthelots, des couches de poudingues tournaisiens formant voûte au-dessus de schistes micacés métamorphiques. supérieurs eux-mêmes à la porphyrite amphibolique. Ces poudingues contiennent des galets de quartzites, de quartz, de lydiennes noires (avec traces de tiges d'encrines, visibles au microscope) et de porphyrites; leur pâte est noire et légèrement micacée; un filon d'aplite granulitique y est interstratifié; ils rappellent les poudingues de Ternant et de Savigny; mais ils sont presque horizontaux, en plaquage sur des prophyrites dévoniennes qu'ils contiennent en galets. La ligne de faîte, suivie par l'ancienne voie romaine, à environ 20 m. au-dessus d'eux, est bordée par des affleurements d'albitophyre L'étude pétrographique qui classe ces albitophyres dans la série dévonienne, confirme l'exactitude de la succession ainsi établie, malgré l'étrangeté apparente de la position des poudingues, presque horizontaux à mi-côte de la butte de porphyrites plus anciennes.

Orthophyres, poudingues et schistes tournaisiens. Recoulon, Arcy. — Au fond de la vallée, la bordure des porphyrites amphiboliques, vers l'Est, se trouve composée par un orthophyre tournaisien. La voûte anticlinale, à la faveur de laquelle apparaissent ici les roches dévoniennes, est donc de faible amplitude. Elle se rattache au S. E., selon toute vraisemblance, à celle que nous avons relevée près de Veau, à la bifurcation des routes de Luzy à Lanty et de Luzy à Avrée.

Le chemin de fer traverse ensuite vers l'Est des schistes gréseux micacés et tachetés, assez décomposés; les éperons rocheux de la rive droite sont également en schistes gréseux micacés, mais très frais et noirs; par endroits, des noyaux chiastolitiques y apparaissent; à 10 m. au-dessus de la rivière, ces schistes micacés passent dans la butte 293 à des poudingues tournaisiens, peu métamorphisés.

Après la traversée du vallon latéral qui descend du château de Veau, on entre dans une tranchée de 800 m. de longueur, qui apporte de précieux éléments à l'étude des terrains dans le flanc N. E. de la butte de Recoulon. Dès l'entrée occidentale de la tranchée qui entaille la colline vers le S. O. entre les hectomètres 75.600 et 75.700, à 800 m. à l'Ouest du passage à niveau d'Arcy,

affleurent des bancs de schistes micacés très durs, très fins et noirs, dans lesquels le microscope décèle à côté du mica clastique des psammites, de fines paillettes orientées de mica noir, de métamorphisme du granite. Le métamorphisme a atteint certains lits plus que d'autres, dans lesquels apparaissent, encore conservées, de nombreuses empreintes fossilifères intéressantes, remplies de calcite blanche cristallisée et de mouches de pyrite ; M. Bonneau du Martray, lors du doublement des voies ferrées sur la ligne de Nevers à Chagny, en 1881, signala ce gisement ; M. Michel-Lévy y a indiqué [34, p. 938] la présence de *Bellerophon bicarenus* Lév. Les recherches sont aujourd'hui rendues difficiles par la végétation. Toutefois j'ai pu réunir et déterminer les quelques espèces suivantes : (gisement n° 5 *b*).

Ostracodes.
Orthotetes crenistria Phill.
Spiriferina sp.
Fenestella plebeia M'Coy.
Glauconome pulcherrima M'Coy.
Actinocrinus sp.
Poteriocrinus sp.
Spirorbis sp. (visible seulement en plaque mince).

Des tiges et des racines de plantes se trouvent fréquemment mélangées à ces fossiles. Les espèces qui se montrent les plus abondantes sont *Orthotetes crenistria* Phill. et *Glauconome pulcherrima* M'Coy., qui recouvrent littéralement certains lits.

Ces schistes tournaisiens forment la suite de la première bande fossilifère qui vient d'Apussy et de Boucharin, au Sud. Le fait nouveau, sur lequel on ne saurait trop insister, est leur métamorphisme certain. Il était resté inaperçu de mes devanciers. C'est à ce métamorphisme qui va s'accentuant vers le Nord, qu'il faut attribuer l'effacement définitif de toutes traces fossilifères de l'autre côté de la vallée de l'Alène sur la prolongation immédiate des mêmes schistes.

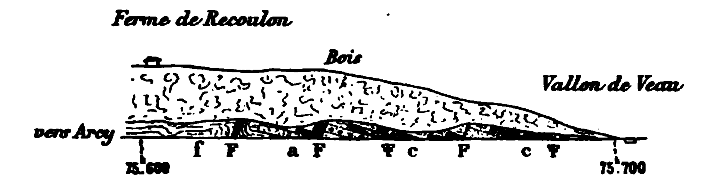


Fig. 13. — Tranchée du chemin de fer de Nevers à Chagny, au nord de la butte de Recoulon.

c. Tournaisien, schistes fossilifères micacés, f. Famennien, schistes maclifères et feldspathisés, a. tufs albitophyriques Echelle 1.200°.

Leur direction est N. 60° E. et leur pendage d'environ 30° vers l'O. N. O. Ils sont en bancs épais de 0 m. 50 à 1 m. et reposent sur des bancs de tufs albi-

tophyriques plus ou moins remaniés, contenant, par endroits, des galets d'albitophyre impressionnés. De petites failles de 2 à 3 m. d'amplitude rabaissent les couches vers l'Est ; on peut en relever trois sur environ 100 m. de longueur (fig. 13).

La montée vers la ferme de Recoulon, au S. O., au-dessus de la tranchée, est tout entière dans des schistes micacés qui se chargent même de noyaux chiastolitiques.

Schistes famenniens à Arcy. — Sous les poudingues et les tufs albitophyriques, on trouve dans la tranchée, en se rapprochant du passage à niveau d'Arcy, des alternances de schistes maclifères et de quartzites foncés, métamorphisés, interrompus par des brouillages de faille. J'attribue au Famennien ces niveaux inférieurs ; ils forment la suite naturelle vers le Nord de la bande famennienne qui vient du Sud (anticlinal n° II).

Sur la rive droite de l'Alène, sous les quartzites métamorphisés, affleurent les schistes micacés et maclifères tournaisiens dans lesquels toute trace de fossile a disparu ; ils reposent, comme sur la rive gauche, sur des poudingues bien visibles dans un vallon remontant vers le N. E., au-dessus de l'étang d'Arcy.

Des schistes cornés, micacés et maclifères, percés par un filon de porphyrite amphibolique, constituent, sur cette rivière, le soubassement famennien des schistes et poudingues tournaisiens ; ces formations s'étendent sur 400 m. environ de l'Ouest à l'Est en face du passage à niveau d'Arcy, en formant des escarpements rocheux. Elles disparaissent rapidement vers le N. E. sous les quartzites et poudingues tournaisiens qui les recouvrent entièrement.

C'est donc la région où la bande tournaisienne fossilifère n° 2 se réunit en forme de voûte surbaissée avec les poudingues et les quartzites tournaisiens de l'Est.

Nous verrons plus au Nord que le tracé de l'anticlinal n° II ne peut s'y poursuivre que grâce à l'apparition sporadique de quelques porphyrites amphiboliques de faciès très ancien. Mais il m'a paru impossible de délimiter une bande, si étroite qu'elle soit, de schistes famenniens, continue au milieu de ce manteau tournaisien de plus en plus métamorphisé.

Retombée des quartzites métamorphisés et des poudingues au contact du granite, au Moulin-Neuf. — Après le passage à niveau d'Arcy, la voie ferrée traverse l'Alène et reste pendant 1.800 m. sur sa rive droite, entamant la colline qui domine, vers le Nord, le Moulin-Neuf. Des ballastières, largement exploitées, permettent de suivre, en détail, les changements du sous-sol rocheux et les mouvements des plis. A 250 m. à l'Est du pont sur l'Alène est ouverte une première carrière, dans des quartzites feldspathisés foncés (cornes noires, rougeâtres et verdâtres), contenant des débris bréchiformes d'orthophyres et des traces de galets de quartzites, non encore entièrement effacés par le métamorphisme ; dans un petit vallon non indiqué par la topographie de la carte de l'Etat-Major, situé exactement au Nord du Moulin-Neuf, subsistent encore de grands rochers de poudingues, à peine métamorphisés, formant des escarpements cachés par

les buissons. La direction des couches, assez difficile à saisir dans ces cornes feldspathisées, paraît être voisine de 70° et le pendage est faible vers le S. E.

Une deuxième carrière est ouverte 400 m. plus loin, appelée carrière du Bois-Plot. Des schistes noirs maclifères, dirigés N. 5° E. avec pendage vers l'Est, affleurent dans toute la partie Ouest de la carrière et buttent à l'Est contre un filon d'aplite ; après ce filon, ce ne sont plus des schistes mais des bancs alternants de grès et de poudingues à galets de quartzites lustrés, légèrement métamorphisés, qui affleurent.

Dans une amorce de carrière, ouverte dans le bois, 50 m. plus à l'Est, j'ai trouvé le contact de ces poudingues et quartzites avec le granite ; ce dernier occupe la partie basse de la carrière ; il est à grains fins et aplitique, et passe insensiblement aux quartzites feldspathisés qui plongent toujours vers l'Est, obliquement à la surface de contact (localement dirigée N. 165° E.) L'étude de la butte 340 et du chemin de « Roche » à « Chez Gonneau », sur le prolongement N. N. E. des couches, confirme les constatations faites dans la tranchée du Moulin-Neuf. La butte 340 est en grande partie formée par des cornes feldspathisées, foncées, rouges et vertes, analogues à celles de la ballastière ; toutefois des couches de poudingues, presque intactes, affleurent au sommet même et sur le chemin, au Sud de « Roche ». Sur le flanc oriental de cette butte, les cornes feldspathisées passent à des quartzites clairs, remplis de pyrite, avec mica blanc, qui sont identiques aux quartzites, exploités à Chiseuil. Sur le chemin de « Roche » à « Chez Gonneau », après le passage du vallon de Tourny, on rencontre une succession de quartzites et de poudingues métamorphisés, percés par plusieurs filons d'aplite ; leur pendage se fait vers l'Est ; ils ne sont séparés du granite, qui apparaît à 100 m. à l'Est du vallon, que par un filon de microgranulite. La pâte quartziteuse de ces poudingues s'est montrée, au microscope, chargée, par endroits, d'amphibole.

Pendant que vers Recoulon les schistes et les poudingues carbonifères avaient leur pendage dirigé vers l'Ouest, au Moulin-Neuf et au Bois-Plot les mêmes formations se retrouvent avec un pendage à l'inverse, vers l'Est ; ces réapparitions d'une même formation, séparées par un passage de terrain plus ancien (Famennien), dessinent une voûte anticlinale régulière qui correspond à l'axe anticlinal n° II. La clef de cette voûte est ici très affaissée ; les pieds droits sont faillés en sens inverse.

Les couches du flanc oriental de l'anticlinal sont digérées par le granite. En effet, à partir du Bois-Plot, vers l'Est, la voie ferrée reste, pendant 2 km., sur le granite, interrompu seulement par deux filons de microgranulite : l'un N. N. E., au pied S. O. de la butte 340 ; l'autre N. 160° E. à l'Est du passage à niveau de « la Commanderie ».

Dans la tranchée qui suit le passage à niveau, le granite contient des enclaves surmicacées probablement de schistes en voie de digestion.

Prolongation du flottement des bois de Luzy — A 300 m. à l'Est du pont, jeté sur la rivière de « La Roche », la voie recoupe, en tranchée, une butte rocheuse qui est la prolongation vers le Nord de la ligne de faîte (380-338) des

bois de Luzy. On se souvient que ces hauteurs portent un flottement de quartzites et de schistes tournaisiens très métamorphisés. Vers le Sud et vers l'Est, leur soubassement est partout en granite ; mais au Nord, les terrains paléozoïques affleurent au fond de la vallée de l'Alène. traversent cette dernière et vont se perdre à 700 m. de là dans une butte de 20 à 30 m de hauteur, à l'Est de Champ-Revau. L'axe de l'anticlinal n° I, que jalonne ce flottement, s'abaisse donc vers le Nord, comme celui du n° II. A l'origine de la tranchée, ce sont des schistes maclifères qui affleurent ; des quartzites, contenant encore des galets, leur succèdent ; on retrouve le granite après 400 m. Une carrière, ouverte sur le chemin de Tourny à Champ-Revau, à l'Ouest de la butte quartziteuse, montre le contact d'une bosse granitique avec des schistes maclifères d'une part, avec des quartzites feldspathisés d'autre part (point 258 E.-M.).

Après Champ-Revau, la voie ne quitte plus le granite jusqu'à Luzy et au delà.

Résumé de la Coupe n° VIII. — La succession stratigraphique à laquelle conduit l'étude de cette coupe est bien la même que celle qui résulte de la coupe n° VII ; mais ici, le Tournaisien est surtout représenté par des quartzites ; il y a moins de schistes ; une seule bande schisteuse fossilifère subsiste, la première, celle de Boucharin, Chanaud, Recoulon. Le métamorphisme intéresse tout le Tournaisien jusqu'au passage à niveau d'Avrée, à 3 km. 1/2 de la bordure granitique ; mais il laisse subsister des empreintes fossilifères dans la tranchée sous Recoulon. Le Dévonien supérieur est représenté par des porphyrites amphiboliques, analogues à celles de Cressy, accompagnées de schistes maclifères.

Les trois anticlinaux relevés dans la coupe précédente se retrouvent dans celle-ci, mais avec un abaissement marqué des axes tectoniques ; le synclinal, représenté par les tufs viséens, qui sépare les deux anticlinaux de l'Ouest, est très élargi ; par contre, l'anticlinal n° III est beaucoup plus étroit; les arkoses carbonifères du Haut-d'Avrée et les schistes de la Varville se réduisent latéralement sur son flanc occidental à un mince passage de brèche orthophyrique; de même l'anticlinal n° II qui passe à Arcy, est très surbaissé et se rétrécit, au profit du synclinal des schistes et quartzites tournaisiens, assez large entre les Berthelots et Recoulon. L'anticlinal du flottement de Luzy (n° I) est lui aussi très surbaissé et voisin de sa disparition dans le granite.

En un mot, nous assistons à un abaissement des axes des plis, en avançant vers le Nord. D'où la diminution, en surface, des terrains plus anciens, au profit des terrains plus récents. Le Famennien se réduit, le Tournaisien augmente ; nous verrons qu'il diminuera à son tour, vers le Nord, pour laisser la place au Viséen.

Les étirements des couches sont fréquents ; j'en signalerai un au contact des tufs microgranulitiques et des albitophyres famenniens au pont des Berthelots ; nous en avons relevé de très nets sur les deux flancs de l'anticlinal n° II, avant et après Arcy.

L'existence d'accidents transversaux Est-Ouest (décrochements) est rendu vraisemblable par l'apparition d'un filon de quartz de même direction (à 100 m.

à l'Ouest du village de Roche) et par la torsion vers l'Est des tufs microgranulitiques, au Nord d'Avrée.

En même temps que les axes des synclinaux et anticlinaux s'abaissent, l'action métamorphisante du granite s'étend fort loin à l'Ouest, puisqu'elle atteint la prolongation de la bande tournaisienne d'Avrée. Le granite, dans sa montée, semble s'être très peu préoccupé des plis anticlinaux et synclinaux; il y a pourtant quelques indices qui paraissent prouver une plus grande montée du métamorphisme dans les anticlinaux la courbe limite du métamorphisme forme, au S. O. du château de Veau, un éperon qui coïncide, en effet, avec l'axe anticlinal n° III.

Coupe n° IX. — *Le Vernay, Semelay, château de la Garde, Le Grand Marié* (Pl. VII). — L'itinéraire, choisi pour cette coupe, jalonne des points intéressants à une distance variant de 1 à 2 km. au Nord de la précédente. Aux deux extrémités Ouest et Est, il passe à des altitudes maxima de 331 m. et 358 m., séparées et suivies par des régions plus basses. Nous verrons que les points hauts coïncident avec la traversée des quartzites tournaisiens, les points bas avec les tufs microgranulitiques et le granite.

Au château du Plessis, à l'Ouest de Semelay. la couverture argilo-sableuse des bois de la Verrerie, de Saint-Michel et de Vauvray cesse, pour laisser apparaître les quartzites et les brèches orthophyriques du Tournaisien qui durent jusqu'à l'Est de Semelay, percés seulement par des filons de microgranulite. A 2 km. plus au Nord, vers « les Durands » et « le Vernay », affleurent des poudingues à galets de quartzites conservés et un granite à grains fins, formant trois lentilles sur la route de Semelay à Saint-Honoré (aux Durands, à l'Est du Vernay et dans le bois au Sud des Vouèvres); ce granite est entouré par de grands épanchements d'une microgranulite spéciale, dans laquelle les deux temps sont parfois peu distincts (butte 322 E.-M.).

Sur le chemin qui conduit de Semelay au Renaud et à la Seigne, les tufs microgranulitiques succèdent après 500 m. aux quartzites tournaisiens. Ces tufs durent jusqu'à l'Est de la Seigne, au fond du vallon où coule le ruisseau de Mont-Charlon, sur une largeur de 1.500 m.; trois filons de quartz N. E. sont à signaler dans cette partie du chemin, l'un au Nord de Cremat, un autre au S. O de la butte 302, le troisième à 300 m. à l'Est de la Seigne.

Porphyrite amphibolique et albitophyre famenniens à l'Ouest d'Antrezit. — Aussitôt après la traversée du ruisseau de Mont-Charlon, le chemin entre dans une porphyrite amphibolique compacte, avec cristaux d'amphibole visibles à l'œil nu ; il la traverse pendant 200 m., puis il monte, jusqu'à l'ancienne voie romaine, dans un albitophyre qui se relie avec celui que nous avons déjà touché au-dessus des Berthelots, ne formant avec ce dernier qu'une seule masse, prolongée au Nord vers le point 316 et s'arretant au confluent des deux ruisseaux de Las et de Mont-Charlon. Vers l'Ouest, le Nord et l'Est. ces porphyrites sont immédiatement recouvertes par les tufs microgranulitiques; mais au S. S. E., le revête-

ment de poudingues tournaisiens, dont nous avons relevé une première coupe au-dessus des Berthelots, se continue sur la route nouvelle d'Avrée à Chiddes jusqu'à l'étang du hameau d'Antrezit, sur 1.500 m. de longueur, interrompu toutefois par deux éperons que l'albitophyre dessine vers le Sud. Ces caprices de contour qui surprennent dans des roches éruptives interstratifiées et plissées avec les couches sédimentaires, s'expliquent ici par le faible pendage des strates des poudingues qui les recouvrent. Nous avons déjà constaté ce fait au dessus des Berthelots; nous pourrons le constater, à nouveau, à l'étang d'Antrezit, sur la rive occidentale duquel les poudingues ont un pendage faible vers le S. E., au-dessus des albitophyres qui affleurent au niveau même de l'eau ; les poudingues contiennent ici d'abondants galets de cette roche éruptive, fournissant une fois de plus la preuve de son antériorité au Tournaisien. L'avancée des albitophyres famenniens en éperon vers le Nord, au milieu des tufs viséens qui les encadrent à l'Ouest, au Nord et à l'Est, sans interposition de Tournaisien, s'explique par l'abaissement de l'anticlinal n° III, dans lequel ils apparaissent. Cet anticlinal disparaît momentanément sous les tufs microgranulitiques (au Sud de Villette-les-Forges) pour redevenir apparent au Sud des bois de Buzon, à 4.500 m. de distance dans une direction E. N. E qui coïncide bien avec la direction générale des plis.

Tufs microgranulitiques à l'Est d'Antrezit. — Les tufs microgranulitiques qui touchent les porphyrites mêmes au sommet 316 sur la voie romaine. puis à mi-côte les poudingues à galets d'albitophyre (à l'étang d'Antrezit) s'avancent vers le Sud jusqu'au fond du vallon de « Champ-de-la-Vigne », formant un éperon mince, pincé au milieu des schistes micacés et des quartzites métamorphisés du Tournaisien, éperon qui vient se terminer au Sud, en remontant jusqu'à mi-hauteur le flanc S. O de la butte 306. Aux maisons mêmes de Champ-de-la-

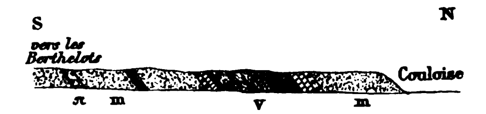


Fig. 14. — Route des Berthelots à Chiddes ; tranchée au hameau de Couloise.

m. tufs microgranulitiques, viséens. V. schistes, quartzites et poudingues interstratifiés, π. microgranulite. Echelle 500°.

Vigne, les terres des jardins et des champs sont remplies de galets de quartzites et de débris de poudingues métamorphisés; sur le chemin de 306 au château de la Garde, avant la bifurcation du chemin de Roche (par 358), les poudingues affleurent, de plus en plus métamorphisés, de moins en moins reconnaissables, passant aux quartzites feldspathisés et cornés. En même temps, la limite des tufs, dirigée de nouveau N. N. E., suit ces formations quartziteuses, remontant le fond du vallon, et va passer à la voie romaine à 400 m. à l'Ouest du sentier

d'Erprille Ainsi les tufs microgranulitiques, au Sud de la voie romaine, forment un éperon pincé entre des formations plus anciennes; cet éperon dessine un passage de synclinal resserré, entre les anticlinaux nº II et nº III.

Un peu plus au Nord, sur la route de Chiddes au hameau de Couloise, apparaissent dans une tranchée, au milieu des tufs microgranulitiques, quelques couches de poudingues et de schistes viséens, plongeant vers le N. O ; les tufs sont ici plus lités, moins compacts; leur origine sédimentaire apparaît certaine (fig. 14 .

Des filons de microgranulite à grands cristaux d'orthose percent fréquemment les tufs. J'en signalerai deux : l'un à 100 m. au Sud du lambeau schisteux de Couloise; l'autre, N. 50° E., sur l'ancienne voie romaine, au détour de la route de Chiddes.

Un filon de quartz, qui a fait l'objet d'une recherche de fluorine, traverse la voie romaine à 800 m. à l'Est de la route de Chiddes; il est sur la prolongation d'un important filon de quartz et de fluorine N.-S., connu au hameau de Las, au Nord.

Quartzites tournaisiens et porphyrite amphibolique frasnienne au château de la Garde. — Le long de la voie romaine, vers l'Est, aux tufs microgranulitiques succèdent des quartzites métamorphisés (cornes micacées et feldspathisées, très riches en quartz) qui sont la suite des formations de poudingues, reconnues plus au S. O. vers Champ-de-la-Vigne.

A la sortie du bois, au détour de la voie romaine vers le Sud, affleurent des roches très noires, siliceuses et dures, dans lesquelles le microscope a décelé l'existence, au milieu d'une gangue quartzeuse, d'une abondante poussière charbonneuse groupée en noyaux, dans lesquels sont nés des cristaux d'Andalousite; puis de nouveaux quartzites clairs, métamorphisés, avec mouches de pyrite, viennent au contact même du granite, à 250 m. à l'Ouest de Rechigi. Un filon de microgranulite traverse les quartzites parallèlement à la bordure granitique; le granite, au contact, est aplitique et ne devient à grands cristaux que dans le fond de la vallée, avant la traversée de la rivière de « la Roche ».

Sur la ligne de faîte, à 500 m. au Sud de la voie romaine, au S. O. du château de la Garde, on trouve une masse importante de porphyrite amphibolique, vert foncé, passant à des cornes avec grands cristaux palmés d'amphibole; cette roche forme une lentille allongée du S. S. O. au N. N. E. sur le versant oriental des sommets qui dominent le château de la Garde, vers l'Ouest. Ces sommets m mes sont constitués par des quartzites métamorphisés et des cornes feldspathisées, plus ou moins foncées, dans lesquelles les pendages se font vers le Sud-Est. Sous les bâtiments de la ferme, adjointe au château de la Garde, se trouvent des schistes maclifères à grands noyaux chiastolitiques. Toujours par analogie avec les roches amphiboliques trouvées plus au Sud dans le Dévonien supérieur, on peut considérer ces porphyrites du château de la Garde comme frasniennes ; elles jalonnent l'axe du grand anticlinal nº II, qui, après l'affaissement d'Arcy, se relève quelque peu au château de la Garde pour s'abaisser à nouveau vers « Fougère ». Les pendages, à l'Est et à l'Ouest des porphyrites, paraissent

se faire vers le Sud Est, de telle manière que l'on est conduit à figurer, en coupe, l'anticlinal comme versé, en cette région, vers le Nord Ouest.

Résumé de la coupe n° IX. — On voit que l'extension des tufs microgranulitiques est devenue rapidement considérable au détriment des niveaux inférieurs dont l'étendue est fort réduite.

Le Tournaisien est représenté par des quartzites et des poudingues, entièrement métamorphiques dans la bande orientale, partiellement dans la bande occidentale, où apparaissent pour la première fois des poudingues bien conservés (Le Vernay).

Le Famennien est réduit à d'étroits affleurements d'albitophyre. Celui qui longe, en bosse, la voie romaine, au Sud-Ouest du château de la Garde, touche directement sur ses flancs N. O. et S. E. les tufs microgranulitiques, bien qu'au Sud nous voyions un manteau presque horizontal de poudingues tournaisiens le recouvrir. Cette anomalie est d'autant plus frappante que, vers l'Est, le synclinal de tufs microgranulitiques est adossé au Tournaisien bien développé, les roches famenniennes et frasniennes n'apparaissant qu'en lambeaux discontinus et plus à l'Est encore. Il est vraisemblable que ces anomalies doivent s'expliquer par des étirements ; elles peuvent cependant provenir aussi d'une discordance de transgressivité des tufs, qui ne sont pas partout à assimiler à des formations régulièrement stratifiées et dont le caractère de projections éruptives peut s'affirmer par des contacts apparemment anormaux. A ce point de vue, il est intéressant de rappeler que j'ai constaté des indices de tufs sédimentaires vers Couloise tandis qu'à l'entour de la bosse éruptive du chemin romain, les tufs affectent un caractère franchement éruptif.

Les anticlinaux reconnus dans les coupes précédentes se retrouvent dans celle-ci ; celui de l'Ouest n° IV encore largement développé ; celui du centre n° III, s'affaissant et ne se dessinant plus sous la masse de tufs microgranulitiques de Chiddes ; celui de l'Est n° II, étranglé et versé vers le Nord-Ouest par des poussées provenant du Sud-Est, sans doute contemporaines de la mise en place du granite.

Coupe n° X. – *passant par les bains de Saint Honoré, le signal de la Vieille-Montagne, les bois de Buson, La Roche-Millay* (Pl VII). — Cette coupe parallèle à la précédente, à une distance de 6 km. plus au Nord, court de l'O. N. O. à l'E. S. E. sur une longueur de 12 km. à vol d'oiseau ; elle traverse une région fort accidentée ; partant d'une altitude de 240 m., elle passe successivement trois lignes de faîtes à des altitudes respectives de 557, 500 et 600 m., séparées par deux vallées à 385 et 335 m., pour aboutir dans le massif granitique, à la Roche-Millay (450 m.), après la traversée d'une troisième vallée. celle de la Roche (324 m.).

On remarquera la convergence vers le sommet du Mont-Préneley de ces trois lignes de faîtes : celle de l'Ouest, allant du signal de la Vieille-Montagne (557 m.) au Mont-Genièvre (638 m.), dirigée N. 40° E. ; celle du centre, du bois de Buson (531 m.) au sommet de Champrobert (574 m.), dirigée N. 15° E. ; celle de l'Est,

du sommet de Thouleur (600 m.) au sommet du Creux (685 m.), dirigée N. 8 à 10° E.

Le système hercynien a laissé peu de traces dans l'orographie actuelle de la région, et les contours géologiques des terrains paléozoïques ne suivent, en général, ni les lignes de faîtes, ni les thalwegs.

En tout cas, nous avons quitté, avec la précédente coupe, le pays bas et relativement peu accidenté qui s'étend à l'Ouest de Luzy et jusque vers Saint-Honoré ; nous entrons dans cette région pittoresque et montagneuse qui s'élève progressivement de Saint-Honoré et Luzy jusqu'aux points culminants du Morvan (le Mont-Préneley (850 m.), le Beuvray (810 m.), la Brûlée (902 m.) dans la forêt de Saint-Prix), et que l'on a appelé le Morvan chevelu à cause de la grande étendue de ses régions boisées.

J'ai été guidé dans le choix de la coupe n° X par le désir de suivre les réapparitions des niveaux inférieurs, au Nord des grandes étendues de tufs microgranulitiques viséens de la Bussière, Chiddes et Fougères.

La faille limite à Saint-Honoré. — Un terrain argilo-sableux, avec galets de chailles jurassiques, forme le sol des bois de Chevannes, de Vauvray, de La Montagne et de Morillon, à l'Ouest des formations anciennes qui débutent suivant une ligne dirigée à peu près du Sud au Nord, vers les Durands, Saint-Honoré et Préporché.

Au Sud de Saint-Honoré, cette couverture argilo-sableuse se termine sur les terrains anciens suivant une ligne sinueuse et ne laisse pas entrevoir la faille limite occidentale du Morvan.

Il n'en est pas de même à Saint-Honoré, où la faille apparaît, et vers le Nord, où j'ai pu la suivre jusqu'à Moulins-Engilbert. Sur la rive droite du vallon de Saint-Honoré, les fondations des villas, situées en face du parc de l'établissement thermal, sont assises sur le calcaire à entroques ; le Bajocien forme ici un lambeau très restreint d'environ 500 m. de longueur; il réapparaît à quelques kilomètres vers l'Ouest, garnissant avec le Bathonien les coteaux qui bordent la vallée de l'Aron. D'anciennes carrières, aujourd'hui remblayées, ont permis autrefois à M. Delafond de constater l'existence, contre la faille, d'un placage de lambeaux de Lias et d'un conglomérat bréchiforme, constitué par des débris calcaires, des silex pyromaques, des grains de minerai de fer, agglomérés par un ciment calcaire [15, p. 929]. J'ai retrouvé ce conglomérat sur le chemin de Préporché à la butte 308, à l'Est des Places et à Lavau.

La faille qui fait ainsi butter le Bajocien contre les formations anciennes, donnant passage aux eaux minérales sulfureuses de Saint Honoré, peut être exactement jalonnée sur la carte ; la route, qui descend directement du bourg de Saint-Honoré à l'établissement, traverse un vallon (vallon de l'Hâte), au bas duquel est ouverte une carrière dans un filon de porphyre à quartz globulaire ; 20 m. plus à l'Ouest sur la route qui conduit à la Brûle, on trouve la brèche quartzeuse dont je viens de parler ; d'autre part, l'Etablissement est adossé à un coteau de tufs microgranulitiques compacts, traversés par le même filon de porphyre à quartz globulaire ; c'est au pied de l'escarpement, limitant le coteau

au S. O, que jaillissent les eaux thermales (à une température de 27 à 31°); l'escarpement lui-même montre de nombreuses veinules pyriteuses, avec quartz corné noirâtre et fluorine, paraissant orientées vers le S. E., dans la direction des filons barytiques et fluorés du Vernay. Ainsi jalonnée, la faille a une direction N. 18 à 19° E. qu'elle semble conserver sur plus de 2 km. 1/2 vers le Nord; le conglomérat de faille se retrouve, en effet, aux maisons de la Brûle et, plus au Nord, sur le chemin de Préporché, à la butte 308, dans un bois où il forme des blocs de grande dimension; un filon de quartz peu démantelé apparaît en muraille dans la butte boisée située à 500 m. à l'Est du hameau des Places, au Nord de Préporché, sur la même direction prolongée; ce filon fait un brusque crochet vers l'Ouest, puis se retrouve sous la ferme de Lavau, à 1 km. plus au Nord, barrant le vallon des Garriaux; la faille, dans ce dernier parcours, est devenue N. 10° E.; elle se dirige ensuite vers la butte 314, puis, devenant N. O., passe à l'Ouest de Montjoux, contre un lambeau liasique qui vient, dans la vallée de la Dragne, au contact des terrains anciens (direction moyenne N. 148° E.). Sur le plateau 313, à l'Est des Houillères, elle redevient N. 20° E., puis entre sur la feuille de Château Chinon où nous la retrouverons à Moulins-Engilbert.

M. Delafond assimile le conglomérat en placage contre la faille terminale au terrain sidérolithique; il croit donc que cette faille est au moins postérieure au calcaire de Brie; il semble, d'après l'étude des lambeaux de calcaire à Phryganes, à l'Ouest de Bourbon-Lancy, qu'elle a joué encore postérieurement à l'Aquitanien.

Tufs microgranulitiques à l'Est de Saint-Honoré. — La montée de l'Etablissement au village de Saint-Honoré par l'une quelconque des trois routes qui les relient, se fait à travers des tufs noirs à micas hexagonaux, à quartz bipyramidés et à pâte pétrosiliceuse que nous savons être les tufs viséens; leur aspect est quelque peu variable, suivant leur plus ou moins grande richesse en mica et leur degré de silicification; ils affectent, par endroits, des caractères de véritables porphyrites; mais une étude microscopique attentive décèle toujours l'état brisé des feldspaths, la pâte pétrosiliceuse et les grains de quartz bipyramidés, corrodés et brisés, qui rapprochent leurs éléments tuffacés des phénocristaux des microgranulites. Les filons de microgranulite y sont particulièrement nombreux, ceux de porphyre pétrosiliceux assez fréquents.

Telles sont les formations que l'on suit sur les différentes routes qui divergent de Saint-Honoré vers l'Est. Sur la route de Luzy, elles durent jusqu'après les Seux, à 4 km. de Saint-Honoré, et, plus au N.-E., jusqu'à Cluze-Bardenne et le Mont; dans ces derniers hameaux les tufs sont particulièrement noirs et compacts. Sur la route de Tussy, la Queudre, le Niré, Sanglier, on reste indéfiniment dans les tufs, au voisinage de leur limite orientale dont la direction moyenne est N. 60° E., traversant après la Queudre une région riche en filons de microgranulite. Avant Four-Monté, à 2 km. de Saint-Honoré, la route laisse sur sa droite une carrière ouverte dans des tufs assez peu compacts, à stratification encore visible, dont la direction est N.-S. avec pendage O. de 45°.

A la base des tufs, avant les formations quartziteuses et orthophyriques que

nous allons rencontrer en montant au sommet de la Vieille-Montagne, s'intercalent quelques lambeaux schisteux, dont il existe un témoin intéressant à la sortie vers l'Est du hameau de Le Mont; les schistes y sont psammitiques, froissés, malheureusement sans fossiles; ils précèdent immédiatement des quartzites blancs inférieurs ; ils ne forment qu'une assise peu épaisse, de quelques mètres.

Filons de microgranulites et de porphyres à quartz globulaire. — L'abondance des filons de microgranulites, au milieu des tufs viséens, ne me permet pas d'aborder ici la description détaillée de chacun d'eux, en particulier. J'en choisirai seulement quelques-uns dont l'allongement et l'allure générale m'ont paru caractéristiques; pour les autres, la carte au 80.000e, insérée à la fin de cet ouvrage, suppléera, au moins en partie.

On a vu plus haut qu'un filon de porphyre à quartz globulaire qui passe aux Bains de Saint-Honoré, tout près de la faille terminale, est dirigé N. 25° E.

Un filon de microgranulite qui lui est parallèle, passe sous l'église de Saint-Honoré, affleure vers le Sud, à la bifurcation des routes de Vandenesse et de Remilly et forme vers le Nord des arènes, exploitées en carrière dans le vallon remontant à l'Est de l'Hâte. Il est ainsi reconnu sur plus de 1 km.

Sur le bord de l'étang au Sud de Tirgage, on exploite un filon de microgranulite rose à grands orthoses, avec salbandes souvent finement grenues et sans phénocristaux, qui se suit aisément dans une direction N. 35° E. ; il est recoupé par la route de La Queudre et s'allonge sur le chemin de Mongaudon et d'Aché en contournant le sommet 345 au Sud de Préporché. Il paraît assez mince (variant de 20 à 100 m. de large), mais il est très long, atteignant au moins 5 km. Il offre deux particularités intéressantes :

1° Il subit des décrochements multiples au S. E. de la butte 345 ; un filon de quartz le recoupe d'ailleurs dans une direction N. 70° E.

2° Il n'est pas rectiligne mais légèrement sinueux ; d'abord dirigé N. 35° E., il devient N. 10° E.. puis N. 20° E. vers Aché.

Les deux rives de l'étang de « Seux » sont également formées par deux filons de microgranulite rose et rouge ; celui de l'Est est le plus important. D'abord N. 60° E., puis 40° E., il recoupe la grande route de Luzy aux Andanges, passe à l'Ouest de Cluze-Bardenne et vient mourir. après quelques sinuosités et un parcours de 2 km., dans le vallon qui descend de la Queudre à l'Est de Four-Monté.

Je signalerai encore un filon de microgranulite N° 20° E., facile à suivre sur la nouvelle route de Le Mont à la Queudre.

Dans l'ensemble et malgré leurs sinuosités, ces filons de microgranulites ont une direction N. 20 à 30° E.

Filons de porphyrite micacée. - Deux filons de porphyrite micacée méritent d'appeler l'attention ; l'un sur le chemin de Tirgage à Aché, à 400 m. au N. de Tirgage, est dirigé N. 15° E.; l'autre au S. O. de la Queudre, est N. 20 à 30° E. Ces deux filons apparaissent dans des masses de microgranulite qu'ils traversent ; ils ont résisté à la décomposition au sein de cette roche alors que dans

les tufs voisins ils sont transformés en terres brunes qu'il est impossible de suivre.

Filons de quartz. — Des filons de quartz traversent les tufs et les microgranulites ; l'un, sur le chemin de Tirgage à Mongaudon (N. 75° E.), affleure au col à l'Est de 345 (E.-M.), il y recoupe le grand filon de microgranulite de Tirgage. Une muraille quartzeuse traverse, d'autre part, le vallon qui remonte au S. E. de la Queudre ; elle fait partie d'un long filon, N. 55° E., qui passe à l'Ouest de « Le Mont » et du Niré. Un filon parallèle à ce dernier longe la bordure inférieure des tufs à l'Est de « Cluze-Bardenne » et de « Le Mont » et permet de supposer qu'en cet endroit, le contact des tufs avec les quartzites se fait par faille. Enfin, un puissant filon, N. 28° E., traverse la route du Niré à la Queudre et le chemin du Niré à Franvache, à 200 m. à l'Est du point 405 (E.-M.).

Tufs et brèches orthophyriques, quartzites tournaisiens de la Vieille-Montagne. — Au-dessous des tufs viséens et des quelques rares lambeaux schisteux, interstratifiés à leur base, s'étagent des couches quartziteuses, orthophyriques, ponceuses, tuffacées et bréchiformes qui constituent les hauteurs de la Vieille-Montagne ; la ligne de faîte vient de Semelay (331 m.), par le col de Montaron (431 m.), puis passe par un premier sommet de 491 m., pour aboutir au Signal de la Vieille-Montagne (557 m.) et continuer jusqu'au col du Niré (499 m.), au pied du Mont-Genièvre. Les formations y sont analogues à celles que nous avons étudiées dans la région de Lanty et vers Savigny-Poil-Fol où les tufs et les brèches orthophyriques se trouvent interstratifiés dans les schistes fossilifères tournaisiens.

Sur la route de St-Honoré à Luzy, aux tufs viséens succèdent, sans intercalation schisteuse, des roches claires, remplies de débris verdâtres ou noirâtres anguleux, quelquefois roulés, qui donnent à la roche un aspect flammé ; on en trouve des échantillons particulièrement nets à 1 km. avant le col de Montaron et dans la descente vers Bois-Chevalier. Le chemin montant de Cluze Bardenne à la ligne de faîte et celui de « Le Mont » au Signal de la Vieille-Montagne, traversent d'abord de vrais quartzites clairs, puis entrent dans ces roches chloriteuses flammées, plus ou moins chargées de débris verts et noirs

Le pays très accidenté des Bois de Mary, des bois de la Roche, de Neuilly, de Maltaverne et du Moulin de Malvaud, est constitué par ces mêmes roches qui, au premier abord, apparaissent comme des quartzites plus ou moins stratifiés.

L'observation microscopique nous montre leur constitution, le plus souvent d'origine ignée. Chargées de débris de feldspaths, de micas chloritisés, de débris d'orthophyres dont les microlithes sont silicifiés et visibles seulement en lumière naturelle, avec des parties vitreuses à cassures perlitiques, elles apparaissent comme des brèches ou tufs d'orthophyres passant, par endroits, à de véritables ponces ; l'épigénie des anciens éléments (quartz pœcilitique, en boutonnières) y est la règle ; l'influence posthume des eaux siliceuses a du être considérable ; le dynamométamorphisme y est partout très marqué.

L'on serait porté à comprendre l'infinie variété de ces roches sous le terme de porphyroïde, en voulant exprimer par là une origine éruptive, suivie d'une trans-

formation par dynamométamorphisme et silicification. Mais l'étude attentive au microscope, surtout en lumière naturelle, permet d'en déceler la véritable nature; ce sont des brèches d'orthophyre, contenant parfois des galets roulés, comme à l'Ouest du col de Montaron Des parties d'orthophyre, franchement éruptifs s'y rencontrent (remontée de 321 à la Bussière sur la route de Luzy, sommets 475 et 503 entre le Mont et Saint Jean).

Ces pseudoporphyroïdes n'ont donc rien de granitique et il ne faut parler, à leur sujet, ni de métamorphisme, ni même de dynamométamorphisme bien important.

Leur masse, allongée vers le N. E., se termine en une pointe effilée, qui passe au sommet 560, à l'Est de Sanglier, et disparaît au milieu des tufs microgranulitiques dans le sommet 527 à l'Ouest d'Avau. Vers l'Est, ils sont bordés par de nouveaux tufs microgranulitiques ; ils constituent donc un anticlinal, qui est la suite de celui de Lanty, Semelay et qui va disparaître sous les tufs viséens vers Avau (anticlinal n° IV).

L'on ne saurait trop insister sur ce que toute cette protubérance de la Vieille-Montagne représente, en grand, une réapparition des orthophyres tournaisiens de Saint-Seine, Ternant et Savigny Poil-Fol.

Tufs microgranulitiques de Mary et Mont-Charlon. — Les tufs viséens affleurent sur la route de Luzy, 100 m. avant la bifurcation de Mont-Charlon ; ils débutent par des variétés de couleur claire, dans lesquelles les micas hexagonaux sont blondis par décomposition. Ils dessinent au fond du vallon de Mont-Charlon un éperon vers le Nord, pincé entre les quartzites et les brèches de la Vieille-Montagne, à l'Ouest. et les schistes, quartzites et poudingues que nous rencontrerons dans les hauteurs de Buson à l'Est Cet éperon correspond à un synclinal dont l'axe se relève à Maltaverne, où les tufs disparaissent pour s'abaisser à nouveau au S. E. des Rompas ; une étroite bande de tufs viséens, allant vers le N. E., apparaît en effet en cet endroit, en face de l'éperon de Mont-Charlon.

Formations tournaisiennes du Bois de Buson et de Champ-Robert. Calcaire de Champ-Robert. - A ce synclinal, fortement pincé et faillé, comme en témoignent les filons de quartz de Mont-Charlon, succède un anticlinal qui n'est que la réapparition de l'anticlinal n° III, apres son abaissement sous les tufs des Forges et de Chiddes. Il est constitué par des lambeaux de schistes psammitiques, par d'abondants poudingues, à galets de quartzite et à ciment noir, et par des quartzites. Vers le Sud, ces poudingues tournaisiens apparaissent près de la Corvée, au milieu des tufs microgranulitiques, et se dirigent N. 45° E. vers le hameau de la Verchère, reposant sur des schistes froissés (N. 45° E., pendage S. E. ; puis N. 170° E., pend. O.); des quartzites métamorphisés leur succèdent vers le Nord.

Sur le chemin de Mont-Charlon à Goutte-Noire et Buson, on trouve d'abord des schistes N. 170° E , pendage S. O., des quartzites, puis de nouveau des schistes psammitiques froissés (N 20° E. pendage E.) auxquels succède une large bande de poudingues à galets de quartzites, contenant une intercalation de schistes N. E., pendage O , avant Buson. Les deux premières apparitions

schisteuses paraissent former un anticlinal secondaire que longerait vers l'Est un synclinal secondaire, jalonné par la bande de poudingues.

Le ravin de Champ-Robert, au Nord du sommet 531 de Goutte-Noire, entaille transversalement les formations de quartzites et de poudingues tournaisiens et met au jour un calcaire marmoréen, blanc, cristallin. ne contenant aucun fossile, qui apparaît sur la rive droite du ruisseau ; ce calcaire est vraisemblablement dévonien, étant donnés son état cristallin, sa blancheur, sa situation stratigraphique et la rareté des calcaires carbonifères, dans cette région ; ces derniers sont, en général, gris ou noirs et à odeur fétide. Stratigraphiquement, le marbre de Champ-Robert est sous les schistes, quartzites et poudingues du Tournaisien.

Ces schistes et poudingues réapparaissent au hameau des Rompas, puis au moulin de la Ruchette dans une profonde vallée qui coupe transversalement les bandes de terrains paléozoïques; les poudingues forment, à l'Est du moulin, des escarpements de 15 m. de hauteur (N. 80° E., pendage N. 20°) et s'élèvent sur la rive droite, à 50 m. au-dessus de la rivière (butte 532).

L'axe anticlinal n° III, venant du sommet 531 sur Goutte-Noire, est jalonné par le pointement des calcaires dévoniens de Champ-Robert ; il laisse sur sa gauche les poudingues des Rompas et du moulin de la Ruchette pour s'incliner franchement vers l'Est et passer au Creux.

Microgranulites au N. O. de Boset et dans le ravin de la Ruchette. — Si j'ai omis d'attirer l'attention sur les nombreux filons de microgranulite du type ordinaire qui transpercent les formations de la Vieille-Montagne et du bois de Buson, par contre je crois intéressant de signaler l'existence de deux puissantes masses de microgranulite dont l'une se trouve au sommet compris entre Boset et le moulin de la Ruchette, et dont l'autre descend de la forêt de Châtillon dans le fond du vallon, sous le sommet 527 de Chatrefieu. Ces deux masses sont constituées par une microgranulite rose ou rouge, à deux temps bien distincts, contenant, par endroits, de la pinite ; toutes deux passent à des variétés granitoïdes dans lesquelles les deux temps paraissent se confondre en un seul.

Filons de quartz de Mont-Charlon, Champ-Robert et la Ruchette. — Un très important faisceau de filons de quartz, N. 45° E., passe à Mont-Charlon, à Champ-Robert et à l'Est de la Ruchette et réapparaît plus au N. E., jalonnant une importante direction de fractures, de l'âge des arkoses triasiques ; aux environs de Champ-Robert, ces filons ont été autrefois exploités à leurs affleurements comme minières de fer ; ils contenaient de l'hématite et de la barytine ; en profondeur, ils se chargent de pyrite en poches et en imprégnations assez irrégulières ; les schistes décalcifiés des salbandes contiennent du manganèse oxydé, particulièrement recherché. Un filon à l'Est de la Ruchette, exploité en galerie dans le ravin, s'est montré très riche en minerai, mais l'absence de tout chemin de fer rend impossible une exploitation avantageuse.

Les tufs microgranulitiques à Chiddes, Assiard. Buson, Mesles, Le Foudon. — A l'Est de l'anticlinal de Champ-Robert, nous retombons dans une bande de tufs viséens compacts et à contours assez sinueux, dirigée vers le N. E. et percée par

d'assez nombreux filons de microgranulite ; cette bande correspond à un synclinal ; elle est en effet bordée vers l'Est par de nouveaux quartzites tournaisiens. Occupant, au droit de Mirlou, le fond de la vallée sur 1500 m. de largeur, elle monte à 600 m. d'altitude, au sommet de Thouleur, formant une avancée vers l'Est au milieu des quartzites ; elle est encore assez large (2 km.) sur la route de Champ Robert à la Roche-Millay, dans sa traversée de la vallée de Buson; mais elle diminue progressivement de largeur jusqu'à « le Foudon » où elle se réduit à un mince passage qui affleure sur la route de la Roche-Millay au Puits et disparaît dans la butte schisteuse 537 au N. O. des Petitons ; on en trouve un lambeau isolé sur sa direction prolongée vers l'Est, dans le ravin au Nord des Petitons, au pied d'une masse considérable de microgranulite formant le flanc N. O. du Mont-Beuvray.

Quartzites métamorphisés tournaisiens de Thouleur Quartziles amphiboliques de La Roche Millay — Vers l'Est, à cette bande de tufs viséens succède une bande de quartzites métamorphisés qui constitue la troisième ligne de faîte, rencontrée depuis l'origine de la coupe (486 m., 600 m. Thouleur, 665 m. sur Sorrey). Au N. de Tillot et au S. E. d'Assiard, contre les tufs microgranulitiques, de grands épanchements d'orthophyres vitreux, passant à la microgranulite, par endroits rubanés, percent les quartzites métamorphisés. Au sommet 600 de Thouleur, les quartzites sont blancs, surtout quartzeux, avec peu de feldspaths de métamorphisme. A 300 m. à l'Est de St-Gengoult, ils sont noirs, très feldspathisés et micacés ; leur direction y est N. 10° E. (pendage E.). Sur le chemin de Millay au château de Rivière, à 50 m. du pont de la Roche (rive gauche), un trou de carrière montre le contact des quartzites blancs et du granite ; le granite est ici rubéfié ; il est très micacé et contient peu de grands cristaux de feldspaths ; les quartzites, au contact, présentent des types de métamorphisme par juxtaposition et par superposition. La limite du granite ne suit pas le fond de la vallée de la Roche, mais s'écarte vers l'Est, évitant le sommet 502 sur la Roche-Millay. Vers le Nord, la bande quartziteuse est traversée par de nombreux filons de microgranulite et d'orthophyre passant à la microgranulite, dont les directions sont généralement parallèles à celles de la bande quartziteuse elle-même.

Sur la rive droite de la Roche, en face du pont de la route qui monte à la Roche-Millay, les quartzites sont blancs ou foncés suivant qu'ils ne contiennent que du quartz et des feldspaths ou qu'ils se chargent de mica noir ; leur direction et leur pendage sont rarement apparents; ils semblent être dirigés N. 20° E., (pend. Est). Le village de la Roche-Millay est pittoresquement assis derrière son château, au sommet d'une terrasse escarpée. bordée de précipices, sur la rive gauche de la vallée de la Roche, au confluent du vallon de Mâchefer; deux routes y conduisent, venant de la vallée ; celle du Nord passe au hameau d'Autreux, puis longe un escarpement rocheux sous le château, pour aboutir au village par son entrée orientale. Cet escarpement rocheux montre de fort belles variétés de quartzites micacés, tachetés et feldspathisés, avec des alternances de schistes maclifères et micacés ; certains bancs laissent encore entrevoir des traces de

galets quartziteux fondus. La direction et le pendage deviennent très visibles à la bifurcation de la route de Mâchefer (N. 30° E., pendage Est 30 à 40°).

A l'Ouest de la butte d'Autreux qui s'élève sur la rive droite du vallon de Mâchefer et qui se compose des mêmes roches métamorphisées, la nouvelle route des Petitons recoupe, en tranchée, une bosse de granite, isolée au milieu des quartzites métamorphisés ; cette apparition du granite au fond de la vallée donne la mesure de la faible épaisseur des terrains métamorphisés qui le recouvrent vers l'Est.

A 300 m. environ de la Roche-Millay, sur le chemin de Millay qui contourne la butte 502, on rencontre bien visible dans le talus de gauche, sous les jardins, un banc, d'environ 1 m. d'épaisseur, d'un quartzite compacte à grains très fins, presque insaisissables, de couleur claire, gris verdâtre ; le microscope permet d'y déceler de fins cristaux d'amphibole hornblende ; des mouches de pyrite de fer y sont nombreuses. Ces cornes amphiboliques ont une direction N. 55° E. avec pendage S. E. de 30°. Leur passage se retrouve aisément sur le chemin de Mâchefer, au-dessous du moulin de ce nom ; de l'autre côté du ravin, le granite forme une légère avancée vers l'Ouest dans laquelle les cornes vertes viennent s'enfoncer.

Ce n'est pas la première fois que nous rencontrons des quartzites amphiboliques dans la région ; j'en ai déjà signalé près de Luzy; il en existe un petit lambeau dans les quartzites de la Vieille-Montagne, sur la route de Remilly à Charnay. Je n'ai pas besoin de dire qu'il ne faut nullement confondre ces quartzites avec les diorites, diabases et porphyrites amphiboliques, représentatives du Frasnien. Ils peuvent provenir de débris de calcaires plus anciens, englobés dans les quartzites et dans les poudingues tournaisiens et transformés en amphibole par l'action métamorphisante du granite.

Au-dessus de la Roche Millay, vers le Sud, le sommet 502 présente, au milieu de débris de quartzites feldspathisés, des morceaux de véritables porphyrites amphiboliques ; un affleurement de ces porphyrites, en place, existe à la sortie Sud du village vers Vannoise ; d'importants filons de microgranulite traversent cet ensemble : l'un d'eux forme une muraille prolongée au Nord du sommet 502 ; il est dirigé N. 50° E. Un autre plus au Sud, à 500 m. avant Bois-de-Velle, présente une texture grenue qui en fait un terme de passage au granite. La route de Millay, qui contourne à l'Est la butte 502, entre d'ailleurs dans le granite à 500 m. de la Roche-Millay.

En attribuant un âge dévonien aux porphyrites de la Roche-Millay, on est amené à les considérer comme formant l'axe d'un anticlinal versé vers l'Ouest ; ces roches apparaissent, en effet, au milieu de formations quartziteuses qui restent très semblables à elles-mêmes et dans lesquelles les pendages se font uniformément vers l'Est.

L'anticlinal qui passe à la Roche-Millay est la prolongation de l'anticlinal n° II. Nous avons déjà constaté dans la précédente coupe, au château de la Garde, que des poussées, venant de l'Est, avaient eu pour effet de le coucher vers l'Ouest ; le phénomène est encore plus accentué dans la coupe n° X.

Résumé de la coupe n° X. — Cette coupe nous a montré :

1° Une grande extension, à l'Ouest, des tufs microgranulitiques viséens, percés par de nombreux filons de microgranulite, parallèles, dans leur ensemble, à la bordure du massif granitique de Luzy, et une subdivision de ces mêmes tufs, vers l'Est, en deux bandes distinctes.

2° Un Tournaisien très dynamométamorphisé et métamorphisé, dans lequel d'abondantes roches d'origine éruptive, orthophyres, brèches, tufs, ponces, ont subi de remarquables épigénies siliceuses, voisinant avec des formations de poudingues et de quartzites, peu schisteuses.

3° Le Famennien et peut être le Frasnien apparaissent hypothétiquement et sous forme de très minces lambeaux de calcaire ou de roches amphiboliques, au cœur des anticlinaux.

Tectoniquement, la coupe se décompose en trois anticlinaux, formant la continuation de ceux reconnus précédemment (anticl. II, III, IV) ; celui de l'Est est versé franchement vers l'Ouest. A l'Ouest de l'anticlinal de l'Ouest (n° IV) apparaît un grand synclinal de tufs viséens, nouveau et qui prend une extension considérable vers le Nord.

Région comprise entre les coupes IX et X. — On se fera rapidement une idée très exacte de la région comprise entre les coupes IX et X en suivant la grande route de Saint-Honoré à Luzy. La seule partie montagneuse et élevée que l'on ait à traverser, se trouve, à l'Ouest, constituée par l'anticlinal de brèches orthophyriques et de quartzites tournaisiens de la Vieille-Montagne.

De suite après le château de la Bussière, à la limite orientale de ces formations, la route entre dans une grande étendue de tufs viséens, peu accidentée et formant région basse, sur lesquels elle reste pendant 6 km. Les carrières pour l'empierrement y sont nombreuses ; je signalerai celles de Fourchure où la roche est compacte, très pétrosiliceuse, celles à 500 m. au Nord de Villeneuve, à l'Ouest de Chiddes ; en certains points les tufs sont schisteux et leur stratification est conservée (sur la route de Chiddes à Champ-Regnault) Les filons de microgranulite y sont fréquents, mais cependant moins nombreux et moins allongés que dans le synclinal de Saint-Honoré ; un filon de microgranulite, au sommet 362, au S. O. du château de la Bussière, dirigé N. 35° E., est traversé par un filon de lamprophyre N. 170° E. ; près de Tillot, à l'Est de Chiddes, la même disposition se retrouve avec des orientations analogues.

Deux directions de filons de quartz sont à noter dans cette région ; au Sud du château de la Bussière, un faisceau, N. 30° Est, forme le prolongement méridional des fractures de Champ-Robert. A l'Ouest de Las. un filon, riche en fluorine verte et violette, est dirigé N.-S. La recherche de fluorine que j'ai signalée sur l'ancienne voie romaine, au Nord du château de la Garde, est exactement sur la prolongation de ce filon.

Après ce long recoupement dans les tufs viséens, la route de Luzy arrive, à Fougères, sur une bande très rétrécie de quartzites métamorphisés, surtout feldspathisés, prenant vers Noiselée l'apparence de gneiss œillé, aussitôt suivis par le granite de Luzy. Cette bande correspond à l'anticlinal n° II ; elle montre

au N. E. de Bousset et au S. E. du Château de-Rivière, des pointements de porphyrites amphiboliques dévoniennes.

Les terrains compris entre Bousset. Champs-Regnault, le Château de-Rivière et la Mare, méritent une attention particulière. En venant de Chiddes, après la traversée du ruisseau de Buson, on trouve, sous des tufs viséens encore stratifiés, une série schisteuse psammitique (N. 70° E, pendage N. O. 30°), puis des schistes arkosiens violets qui ne cessent qu'à l'entrée du hameau de Bousset et sur la route de Millay (au deuxième chemin montant au Château-de-Rivière). A leur base, ces schistes, vraisemblablement tournaisiens, sont maclifères. Au-dessous d'eux apparaissent des porphyrites amphiboliques en escarpements sur les deux rives du ruisseau d'Emmolot, près de son confluent avec la Roche. J'ai trouvé deux autres pointements de ces porphyrites sur le chemin du Château-de Rivière à Saint-Gengoult.

Vers l'Est, toutes ces formations sont séparées du granite voisin par des quartzites très métamorphisés.

Cette région, intermédiaire entre les coupes IX et X, apparaît bien comme une région affaissée ; l'anticlinal n° III est masqué momentanément ; le n° II est fort réduit.

Coupe n° XI *passant par Montjoux, Dennecy, le moulin de Fragny, le Puits, le Mont-Beuvray, pl VII.* — Partant de l'altitude 250 m. au-dessus du niveau de la mer, sur le ruisseau de Dragne. à l'Ouest de Montjoux, cette coupe, se dirigeant de l'O. N. O. à l'E. S. E., s'élève progressivement vers les hauts sommets du Morvan, va passer au Mont Beuvray (810 m.) et aboutir après un parcours d'environ 18 km. dans le massif granitique de Luzy vers le hameau de Montmoret. Elle traverse la vallée de la Dragne dans la partie haute de son cours, au moulin de Fragny.

Deux raisons engageaient *a priori* au choix de ce tracé, situé à environ 6 km. au Nord du précédent. D'abord, l'apparition au N. O., vers Montjoux et Corcelle, d'une nouvelle région de granite et de terrains métamorphisés ; ensuite, les profondes entailles qui, dans le massif du Beuvray, ne pouvaient manquer d'apporter des données intéressantes pour la connaissance des anticlinaux de bordure du granite de Luzy.

Faille limite occidentale. Trias-Lias dans les bois de Villaine. — La position de la faille limite occidentale des terrains anciens, à l'origine de la coupe, se trouve nettement indiquée par la présence d'un lambeau triasique et liasique. affleurant sur les deux rives de la vallée de la Dragne, à l'Ouest des bois de Villaine; le calcaire à gryphées, qui plonge vers l'Est, occupe le fond de la vallée, buttant contre les formations granitiques qui le dominent brusquement de plus de 50 m. Une deuxième faille existe à l'Ouest du lambeau triasique et liasique, car le calcaire à entroques apparaît au bord de la Dragne à 1 km. au S. O., à une altitude sensiblement inférieure ; le revêtement de terrains argilo-sableux rend hypothétique la position de cette deuxième faille ; il s'avance d'ailleurs sur les formations anciennes elles-mêmes, en certains endroits jusqu'à plus de 400 m. à l'Est de la position probable de la faille limite ; sur la route de Moulins-Engil-

bert à Montjoux, affleure un filon de microgranulite, au N. E. du sommet 313 des bois de Villaine, au milieu de ce revêtement et à 300 m. des formations anciennes.

Région granitique de Montjoux, Grand-Ry. — Depuis Lavau (à l'Est des Garriaux), les terrains anciens sont constitués par du granite et des roches granitisées. Sur la première édition de la feuille d'Autun et sur la feuille de Château-Chinon, ces terrains portent une notation spéciale γ^2, sous laquelle M. Michel-Lévy a compris des granulites à mica noir et des tufs granulitiques, rappelant dans leur ensemble les porphyres granitoïdes de Grüner et qui seraient d'un âge plus récent que le granite; M. Michel-Lévy avait d'ailleurs eu soin de signaler que leurs affinités pétrographiques étaient assez variables. J'ai été conduit à supprimer cette notation spéciale et à rattacher ces roches à des formations connues et différentes suivant leurs affinités dans les différentes régions. Aux environs de Montjoux, elles constituent un véritable granite à grains fins, dans lequel les grands cristaux sont rares et où le quartz a tendance à se rétracter. Il n'y a pas lieu de le distinguer, comme âge, du granite à grands cristaux des environs de Luzy ; nous trouverons alentour la même série de roches métamorphisées que sur les bords du massif de Luzy.

A l'embranchement de la route de Corcelles, sur le chemin de Préporché à Montjoux, un lambeau de schistes micacés et maclifères subsiste encore, mais très réduit ; un autre lambeau lui fait suite vers le N. E., à la sortie de Corcelles vers le point 298.

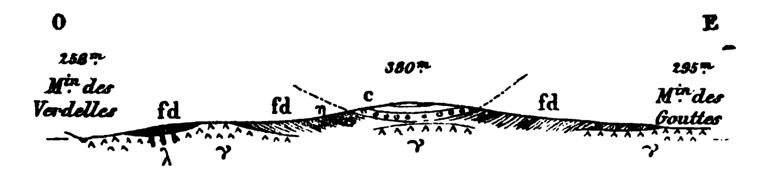


Fig. 15. — Coupe schématique du moulin des Verdelles à celui des Gouttes (Nord de Montjoux).

c. Tournaisien, quartzites et poudingues métamorphisés. f. d. Famennien ou Frasnien. cornes feldspathisées, amphiboliques et grenatifères, λ. porphyrite micacée, η. porphyrite amphibolique, γ. granite. Echelle 22.000e.

Mais c'est surtout sur les hauteurs boisées qui dominent Montjoux au N. E. et dans la vallée de la Dragne avant son coude brusque vers le S. O., que j'ai trouvé les terrains métamorphisés les plus intéressants. Sur le chemin de Montjoux au Moulin-des-Gouttes, on entre, après la dernière ferme du hameau, dans des cornes vertes amphiboliques qui alternent avec des cornes noires et rosées, les premières simplement feldspathisées et micacées, les secondes grenatifères. Des blocs de porphyrite amphibolique parsèment les champs environnants; leurs grands cristaux d'amphibole sont en relief sur les surfaces usées. Dans la montée sous bois, on croise, un peu avant le col, des quartzites lustrés

jaunes, à cassure brillante, caractéristiques du Tournaisien inférieur, qui paraissent surmonter les formations amphiboliques dévoniennes Un banc à petits galets de quartz s'y intercale. Dans la descente vers le moulin des Gouttes, les roches amphiboliques réapparaissent au-dessous des quartzites du sommet et jusqu'au granite qui occupe le fond de la vallée.

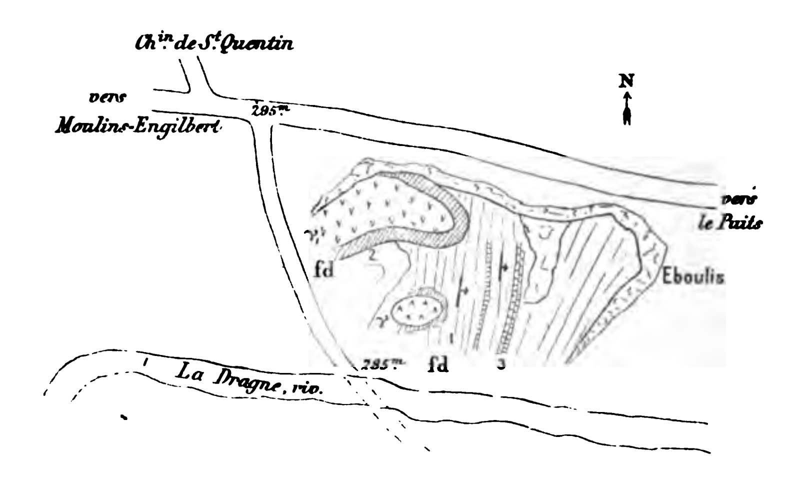


Fig. 16. — Carrière au S. O. de Saint-Quentin (rive droite de la Dragne), en plan.

f. d. Famennien ou Frasnien. 1 Cornes feldspathisées, micacées, noires. 2. Cornes très granitisées, à grands cristaux de feldspaths abondants. 3. Cornes amphiboliques, γ granite. γ_1 microgranite, aplite. Echelle 1.200*.

Un peu plus vers l'Ouest, sur la rive droite de la Dragne, au droit du vallon de Saint Quentin, est ouverte une carrière que l'on voit mal de la route de Moulins-Engilbert à Onlay, car son entrée regarde la rivière ; on y remarque le contact intéressant d'une bosse de granite avec les cornes noires et vertes qui traversent ici la vallée, se dirigeant vers le N. N. E. Au fond de la carrière affleure ce granite à grains fins, peu micacé, entouré par une couche de 1 à 2 m. d'une corne très granitisée; au-delà de cette couche, les cornes feldspathisées, micacées et tachetées, laissent encore voir leur stratification; leur direction est N.-S., avec un pendage très accentué vers l'Est ; elles contiennent quelques intercalations de bancs verts amphiboliques ; mais ce sont ici les cornes noires, feldspathisées et micacées, qui dominent.

De même, sur la descente au moulin des Verdelles qui se trouve dans le granite, les cornes noires apparaissent plus fréquentes, quoique encore entremêlées de cornes vertes.

Plus au Nord, sur la feuille de Château-Chinon, le lambeau métamorphisé se prolonge et prend une plus large ampleur, atteignant 3 à 4 km. de largeur ; au centre se dessine une grande bande N. N. E. de cornes vertes amphiboliques,

avec porphyrites amphiboliques, qui forment le sommet 440 et cessent vers Margodet, à l'Est de Grand-Ry ; deux petites bandes de cornes également amphiboliques lui sont parallèles vers l'Ouest (à l'Est de Saint Quentin et au château de Mourceau) ; les cornes y sont, en outre, très grenatifères. Tout le reste du lambeau, limité par le granite au Nord, vers Grand-Ry et Poiseux, est constitué par des cornes noires, micacées et feldspathisées.

Dans le parc du château de Levault, au milieu du granite à grain fin, réapparaît un lambeau de corne et de porphyrite amphibolique.

Au-dessus de Montjoux, il est aisé de concevoir avec précision la succession stratigraphique des différents niveaux, les quartzites avec galets du Tournaisien étant nettement supérieurs aux cornes vertes dévoniennes et occupant l'axe d'un petit synclinal secondaire, situé au milieu de l'anticlinal que constitue l'ensemble du lambeau. Vers le Nord, entre la Dragne et Grand-Ry, il est plus difficile d'établir les limites exactes entre le Dévonien et le Carbonifère ; les cornes amphiboliques, accompagnées de porphyrites, sont vraisemblablement ante-carbonifères ; mais les cornes noires, micacées ou feldspathisées, peuvent être famenniennes ou tournaisiennes.

Filons de granulite, microgranulite lamprophyre. — De nombreuses roches éruptives percent les terrains granitiques de Montjoux ; la granulite forme d'importantes masses entre le point 298 et Montjoux et sur la rive droite de la Dragne ; elle est traversée par un filon N. E. de microgranulite, dans la montée même de Montjoux ; un long filon de cette même roche, provenant du point 387 (le Gauthé) et passant par Lavau, se suit aisément jusqu'à Corcelles ; il est un peu sinueux, mais reste dans l'ensemble N. 15° E.

Enfin, de nombreux filons de porphyrites micacées affleurent au milieu des roches précédentes, les recoupant dans une direction opposée, N. 140 à 150° E. ; ils sont généralement très minces (0 m. 50 à 1 m. de large) et se décomposent en une terre fine, brune, caractéristique. Je signalerai le filon qui perce la microgranulite des Garriaux, le filon de l'entrée S. O. de Corcelle, celui qui perce la butte 307 à la limite des tufs, au S. E. de Corcelle ; trois filons parallèles et voisins, qui recoupent la microgranulite dans la montée de Montjoux ; une structure grossièrement perlitique provoque, chez ces dernières la décomposition en boules, très caractéristique ; ces boules, coupées suivant un plan diamétral, montrent jusqu'au cœur les zones circulaires et concentriques de moindre résistance à la décomposition ; elles ont de 40 à 50 cm. de diamètre et sont tangentes entre elles. Je signalerai encore deux petits filons de lamprophyre qui affleurent au milieu du granite et des cornes amphiboliques, sur le chemin de montée de Montjoux à la ligne de faîte, au Nord de 411 ; enfin celui qui recoupe le filon de microgranulite de Saint-Quentin, sur la route de Moulins Engilbert à Onlay.

Tufs microgranulitiques entre Montjoux et le Mont Préneley. — A ces formations granitisées des environs de Montjoux, qui marquent la naissance d'un anticlinal nouveau, dont nous verrons bientôt l'importance sur la feuille de Château-Chinon (anticl. N° V), succèdent vers l'Est, sur la coupe actuelle, les tufs microgranulitiques viséens. Stratigraphiquement, ils reposent sur les cornes

granitisées, comme en témoigne le pendage de ces dernières vers l'Est (route de Moulins-Engilbert à Onlay).

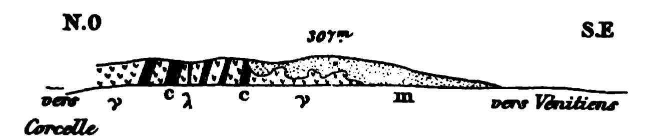


Fig. 17. — Les tufs microgranulitiques viséens, au-dessus du granite, dans la tranchée de la route de Corcelle à Vénitiens (307 m.).

m. tufs microgranulitiques, c. cornes micacées et feldspathisées, λ. porphyrite micacée γ. granite. Echelle 1.200e.

Comment expliquer le contact anormal de ces tufs sur le granite de Monjoux? Faut-il faire appel à l'hypothèse de failles ou d'étirements ou bien à celle d'un dépôt des produits de projection sur le granite après érosion du Dévonien et du Tournaisien métamorphisés. Cette deuxième hypothèse peut paraître plausible. Le contact, bien visible à 500 m. au S. E. de Corcelle, sur la route de Villars (point 307). montre, en effet, un passage presque insensible des granites arénacés aux tufs décomposés et sableux ; il n'y a là aucune brèche de friction, aucun filon de quartz pouvant faire penser à un charriage ou à une faille ; des bosses de granite apparaissent sous les tufs, au pied du talus, à l'Est du contact, et si une hypothèse différente pouvait être émise avec quelque raison, ce serait plutôt celle d'un contact par montée du granite jusqu'aux tufs et par digestion des terrains sous-jacents; mais nous verrons que rien n'autorise à supposer que la base des tufs a été touchée par le métamorphisme du granite et que, bien au contraire, leur formation semble avoir été postérieure à sa mise en place.

Les tufs microgranulitiques occupent au milieu de cette coupe une surface très considérable: on les traverse, en effet, pendant 11 km.; ils sont percés par de nombreux filons de microgranulite dont la direction moyenne est N. 40° E. Sur la route de Corcelle à Franvache et au Mont Genièvre, on ne rencontre pas moins de 12 filons de microgranulite dont certains sont fort importants et prolongés; tel, celui des Genêts qui passe à Aché et va jusqu'à Saint-Honoré; tel encore, celui de Villars qui forme le sommet 411 et va disparaître au Sud de Dennecy. Le Mont Genièvre (638 m.) est constitué lui-même par les tufs microgranulitiques; un important filon de microgranulite le contourne à l'Ouest, traverse sa ligne de faîte et recoupe la nouvelle route de Mont à Mousseau. Ce filon affecte une direction N. E. plus sensiblement infléchie vers l'Est que les filons des environs de Saint-Honoré.

En réalité, les filons de microgranulite, apparaissant dans les tufs, suivent, à l'Ouest, une direction voisine de la limite du granite de Montjoux, et à l'Est, voisine de la limite des quartzites tournaisiens.

On jouit, du Mont Genièvre, d'une vue particulièrement belle sur les sommets du Morvan, notamment sur le cirque que constituent, vers le Sud-Ouest, les

monts Beuvray, Glandure et Préneley, et sur l'ensemble des arêtes montagneuses régulièrement abaissées vers le S. S. O. que forment les terrains paléozoïques métamorphisés, de bordure du massif granitique de Luzy.

La route de Moulins-Engilbert au Puits, par Villapourçon, qui suit longtemps la rive droite de la Dragne, reste constamment dans les tufs microgranulitiques, recoupés seulement par des filons de microgranulite. A 1 km. à l'Ouest d'Onlay, un puissant filon, qui traverse la vallée vers « le Brion », est constitué par une microgranulite foncée qui diffère, en apparence, des microgranulites claires (jaunes ou rosées) rencontrées jusqu'ici ; elle contient de très grands phénocristaux d'orthose et du quartz bipyramidé, au milieu d'une pâte noire très fine, composée de feldspaths, de quartz et de mica noir très abondant ; le filon au pied de la butte d'Onlay (au moulin d'Onlay) appartient à cette même variété. Immédiatement après le moulin de Fragny, la route passe à travers un filon de porphyre à quartz globulaire ; un grand filon de microgranulite rose se trouve dans le prolongement de celui du Mont Genièvre, affleure au Bourgbas, à Villapourçon et dans le ravin sous Marceaux ; il est sinueux et contourne le village des Mouilles qui est sur les tufs ; sa direction moyenne est N. 45° E.

Dans la montée du chemin de Villapourçon à Marceaux, après le cimetière, les tufs traversés sont schisteux, violacés, et différents des tufs noirs compacts, pétrosiliceux, de toute la région. Ces tufs schisteux ont peu d'extension ; la butte 560 que l'on aperçoit vers l'Ouest de Marceaux est en affleurements rocheux de tufs compacts.

Sur la route de Bourgbas au Puits, entre Dragne et Belle-Fontaine, avant le moulin de Rangère, un filon de microgranulite forme une paroi N. 30° E., aux extrémités de laquelle il est difficile de distinguer la limite des tufs microgranulitiques ; ces tufs sont très riches en quartz bipyramidé et ont l'air de passer à la microgranulite ; il en est de même sur le chemin de Belle-Fontaine à Château-Chinon qui contourne le flanc N. O. du Préneley ; la distinction, à l'œil nu, entre tufs et microgranulites y est parfois impossible.

Quelques filons de quartz sont à signaler au milieu des tufs que nous venons de parcourir. Au deuxième chemin d'Onlay, une muraille quartzeuse, N. 60° E., barre obliquement la vallée de la Dragne ; dans la montée de Villapourçon, à 400 m. à l'Ouest de Bourgbas, passe un filon de quartz N. 70° E. qui se retrouve dans les bois, sous le château des Moines.

Poudingues, schistes et grès tournaisiens. Calcaire dévonien du Puits. — Après la traversée de cette grande région, uniformément recouverte de microgranulites et de tufs microgranulitiques, dont l'extension prouve l'ampleur considérable des phénomènes éruptifs à l'époque du Viséen, nous entrons dès le hameau du Puits (point 620 m., au col des routes de Moulins-Engilbert à Autun et à Luzy), dans des formations inférieures. Tandis que les hauteurs boisées qui descendent du Mont Préneley sont encore en tufs (point 732), la tranchée de la route d'Autun, entaillée au pied de ces hauteurs, montre un affleurement de schistes psammitiques, gris, contenant de minces bancs arkosiens, à cassures parallélipipédiques, qui rappellent complètement ceux de la base du Tournaisien,

rencontrés au-dessus des schistes famenniens fossilifères du Moulin-du-Roi, près de Bourbon-Lancy. Les directions et les pendages relevés sont d'abord N. 135° E., pendage O.40° ; puis 30 m. plus loin vers l'Est, N. 55° E., pendage S.-E. 30° ; les schistes supportent, au tournant de la route (100 m. plus à l'Est), des poudingues à galets de quartz et de quartzites, caractéristiques du Tournaisien

La route de Luzy, à sa sortie du hameau du Puits, en haut du ravin qui descend au S. E. vers 404 (les Vieilles Maisons), quitte brusquement les schistes et traverse une lentille de calcaire marmoréen, blanc, très cristallin, dirigée N. E., dans laquelle est ouverte une carrière abandonnée. Le marbre est identique à celui de Champ-Robert et apparaît à la base des mêmes terrains ; il est vraisemblablement dévonien ; il butte au S. O. contre un filon de microgranulite N. 110° E., au S. E. contre un filon de quartz N. E.

Dans la descente du ravin des Vieilles Maisons, on trouve, de suite derrière ce filon de quartz, des alternances de schistes et de bancs de poudingues tournaisiens à galets de quartz et de quartzites J'ai relevé trois alternances schisteuses avant la vallée principale ; celle du milieu est entremêlée de bancs gréseux ; les directions sont N. 10 à 20° E. et les pendages presque verticaux vers l'Est pour les deux premières intercalations, vers l'Ouest pour la troisième. Au confluent avec la grande vallée, les poudingues forment des escarpements dans lesquels on relève des parties métamorphisées passant à des cornes feldspathisées. Le fond de la vallée de la Roche, aux Vieilles Maisons, se compose de grandes masses de microgranulite passant à des variétés grenues microgranitiques ; sur la rive gauche apparaît, en leur milieu, un lambeau de véritables tufs viséens. Ainsi se trouve limité vers l'Est l'anticlinal qui apparaît sous forme de schistes et de poudingues tournaisiens et dont l'axe laisse arriver au jour un calcaire dévonien. Cet anticlinal est la prolongation de l'anticlinal n° III, vers le N. E. Les couches, ici très relevées, y ont été soumises à des plissements intenses, et les récurrences schisteuses, au milieu des poudingues, paraissent appartenir à un même niveau, plusieurs fois plissé.

Au Sud du Puits, sur la route de descente vers Luzy, on rencontre, sous le sommet 685, d'abord des poudingues, puis des schistes (N. 50° E., pendage S. E. 45°) et de nouveau des poudingues en grands arrachements de 15 à 20 m. de puissance ; ces derniers supportent les tufs microgranulitiques du Foudon. Aux maisons du Creux, affleurent des schistes psammitiques verdâtres avec quelques bancs gréseux ; leur direction est N. 15° à 20° E , pendage O.10° ; ils forment vers le Sud une bande régulière et continue qui traverse le ravin du Creux et remonte à « l'Haut de l'Arche » (618 m.) ; les directions et les pendages y sont capricieux ; dans le ravin, les couches sont dirigées N. 80° E., pendage S 30°.

La descente de la nouvelle route des Petitons (route de la Roche-Millay par la rive gauche de la Roche) recoupe des schistes d'abord tuffacés, puis psammitiques et très froissés jusqu'au fond de la vallée. Les tufs microgranulitiques du Foudon ne passent pas vers les Petitons ; l'axe synclinal qu'ils représentent se

relève pour s'abaisser à nouveau aux Vieilles-Maisons (point 404) où nous avons vu qu'il en subsiste un lambeau.

Au N. E. du Puits on retrouve sur la route d'Autun, avant la bifurcation du chemin de Glux, deux affleurements schisteux (N. 20° E., pendage O. 40°). En bas du vallon, sous les maisons du bois de Marry, et sur la remontée du moulin de la Chautte vers 612 et le Puits, les schistes affleurent également ; au moulin de la Chautte il existe un passage de poudingues quartziteux métamorphisés.

Brèches orthophyriques, microgranulites vers l'Echenault et Glux. — Jusqu'alors les terrains qui apparaissent dans cet anticlinal sont restés les mêmes : schistes, poudingues, grès et quartzites tournaisiens ; mais vers l'Echenault, Argentolle et Glux, les formations éruptives prennent une grande extension ; ce sont des microgranulites en grandes masses, percées de filons aplitiques, et des tufs blancs ou flammés, analogues à ceux de la Vieille Montagne. Toutefois, vers les Cléments, entre Anverse et Glux, apparaît encore un lambeau de quartzites et de schistes.

Au col (720 m.) à l'Ouest de Glux, existe une fort belle microgranulite rose, à grands orthoses et à cristaux de pinite abondants. Elle fait partie d'une grande masse de microgranulite, recoupée par le chemin de Glux à l'Echenault et par la route d'Autun ; sous le château de Glux, des filons d'aplite granulitique la traversent.

Filons de quartz d'Argentolle. — La ligne de fractures, qui a donné naissance aux filons de quartz de Champ-Robert, passe également au Puits et à Argentolle ; un filon affleure dans le grand ravin à 300 m. en amont du moulin de la Chautte ; vers Argentolle, la vallée et le bourg lui-même sont envahis par des blocs de filons de quartz ; on y distingue au moins trois filons (N. 50° E.).

Quartzites et poudingues, cornes et porphyrites amphiboliques du Mont Beuvray. — Nous avons vu apparaître, dans la haute vallée de la Roche, près des Vieilles-Maisons, un lambeau pincé de tufs microgranulitiques viséens, accompagné de grands épanchements de microgranulite, sur la prolongation vers le N. E. du synclinal de Buson ; l'axe de ce synclinal se relève ; il entre, en effet, dans des formations plus anciennes (tufs orthophyriques tournaisiens) et son tracé hypothétique doit passer quelque part vers Saint-Prix, en longeant à l'Ouest le pied des monts Beuvray et Glandure.

Le chemin de montée des Vieilles-Maisons au premier sommet au N. N. O. du Beuvray traverse une masse considérable de microgranulite (sur 1 km. de large) ; on y rencontre plusieurs variétés de cette roche ; à côté de microgranulites roses, riches en quartz bipyramidé, franchement filoniennes, se trouvent des microgranulites à structure granitoïde, se rapprochant des microgranites ; près du sommet, affleure un type remarquable, à deux temps extrêmement distincts : le premier, composé de très grands phénocristaux d'orthose et anorthose, légèrement rosés (atteignant 4 cm. de longueur) ; le second, de microlithes feldspathiques, de mica et de quartz formant une pâte très noire et très fine.

Au premier sommet, à l'Ouest de 754, apparaissent au milieu de cornes

feldspathisées, des poudingues métamorphisés dont les galets de quartzite sont encore distincts (direction N. N. E. et pendage E.).

C'est là le premier indice de formations tournaisiennes à l'Est du synclinal de Buson, Saint-Prix, et le commencement d'un anticlinal, nouveau sur cette coupe, qui n'est autre que le n° II prolongé. L'emplacement de l'ancienne cité romaine, dont les ruines sont enterrées au sommet du Beuvray, paraît situé sur des quartzites métamorphisés, entremêlés de filons de microgranulite; les roches y sont en débris dans les bruyères et sous les bois; les affleurements de roches en place sont rares. Au sommet même du Beuvray (810 m.), passe un filon de microgranulite très euritique dont M. de Chaignon m'a signalé le gisement sous la désignation locale de « Pierre de Vivre ». Dans la descente vers les Jours, sur le flanc oriental de la montagne, les bois ne cessent qu'au-dessous de l'altitude de 550 m.; on traverse alors un large filon de microgranulite, puis on entre dans des quartzites métamorphisés, contenant, par endroits, des traces de galets conservés. A 300 m. à l'Ouest du hameau des Jours commence le granite lui-même.

Si du sommet du Beuvray, l'on suit la ligne de faîte vers le Sud, on arrive à environ 500 m. de distance, à un petit sommet, inférieur d'environ 50 m., dont le flanc occidental est en microgranulite, mais dont le flanc oriental montre un affleurement de porphyrite amphibolique à grands cristaux palmés de hornblende. La descente de ce sommet dans le ravin des Jours se fait d'abord sur un enchevetrement de filons de microgranulites et de porphyrites amphiboliques, puis sur des cornes amphiboliques et feldspathisées; de puissants bancs de poudingues métamorphisés, à galets de quartzites et à pâte quartziteuse, verdâtre, amphibolique, affleurent dans les derniers 300 m. de la descente (direction probable N. 50° E., pendage S. E. 30°). Le granite lui-même est à la base de la forêt, au niveau du hameau des Jours.

En bas du ravin, au Nord du point 498, le ruisseau est rempli de débris, aux surfaces usées et polies par les eaux, de toutes les roches intéressantes qui affleurent dans les pentes orientales et boisées du Beuvray : porphyrites et cornes amphiboliques, quartzites feldspathisés, fort beaux poudingues métamorphisés (micacés et quartzifiés) à galets de quartzites laissés en relief au milieu d'une pâte compacte, usée par les eaux.

Ainsi complétée par l'étude des terrains du petit sommet, la coupe du Beuvray nous apparaît formée par un anticlinal, montrant au cœur les porphyrites amphiboliques du Dévonien supérieur, sur les flancs, à l'Ouest et à l'Est, les formations de quartzites et de poudingues dans lesquelles on reconnaîtra le faciès habituel du Tournaisien; les quelques directions et pendages relevés, laissent supposer que cet anticlinal est légèrement versé vers l'Ouest, toutes ses couches venant s'enfoncer dans le granite.

Vers le S. S. E. cet anticlinal rejoint la coupe précédente, en restant très dissymétrique ; sa retombée vers l'Ouest étant bien plus développée que celle vers l'Est, qui est en grande partie digérée par le granite. Il est principalement composé par des quartzites métamorphisés, percés par de nombreux filons de micro-

granulite et de porphyre pétrosiliceux. La route du Foudon à la Roche-Millay et celle des Petitons au même village, sur les deux côtés de la vallée de la Roche, ne montrent pas d'autres formations. Toutefois sur ce dernier chemin, à l'Est des Petitons et à 1 km. au Sud du Moulin-Neuf, les quartzites contiennent encore des traces de galets.

Un filon de quartz, en muraille N. 60° E., mérite d'être signalé à 500 m. en amont du Moulin-Neuf sur la rive droite.

Vers le N. N. E., l'anticlinal suit la ligne de faîte Beuvray-Glandure, en restant fort intéressant. La route d'Autun pénètre après l'Echenault dans des microgranulites qui se prolongent sur 1 km.; puis, quittant les tufs orthophyriques tournaisiens, elle traverse quelques schistes micacés et arrive au col (622 m.) dans des quartzites métamorphisés, percés par un filon de quartz N. 50° E. Après un petit valonnement que laisse la route sur sa droite, à 100 m. au S. E. du col, j'ai trouvé sous bois un arrachement dans un remarquable poudingue métamorphisé, entremêlé de quelques bancs de schistes cornés et micacés, dirigés N. 55° E., avec pendage E. de 20 à 30°; ce poudingue dont la pâte est quartzeuse et qui contient des galets de quartzites, très métamorphisés, n'apparaissant plus qu'à l'état de taches arrondies plus claires, est de couleur verdâtre dans son ensemble; il s'est montré, au microscope, très riche en cristaux d'actinote, qui proviennent vraisemblablement du remaniement des éléments calcaires du Dévonien supérieur; je le rattache lui-même au Tournaisien inférieur: vers le Sud-Est, la route reste dans les formations quartziteuses pendant 1 km., puis arrive au granite.

A l'Ouest du hameau du Reboul, la ligne de faîte du mont Glandure se montre formée par des cornes amphiboliques, probablement dévoniennes, qui constituent encore un point de repère pour le tracé de l'axe anticlinal vers le N. E.

Résumé de la coupe n° XI. — Nous n'avons, dans cette coupe, rencontré aucune formation nouvelle et les successions sont restées les mêmes que dans la coupe n° X.

Le Viséen, représenté par des formations éruptives (microgranulites et tufs), recouvre une surface considérable, et ses dépôts tuffacés sont fort épais; ils affleurent en effet, dans des régions où ils sont horizontaux dans l'ensemble, au fond de profondes vallées et sur les sommets qui les dominent (200 à 250 m. de dénivellation).

Le Tournaisien est composé de schistes, arkoses et poudingues, non métamorphisés au Puits, métamorphisés et quartzifiés au Beuvray, avec naissance d'actinote, due au remaniement de calcaires sous-jacents.

Enfin le Famennien et le Frasnien paraissent représentés par des porphyrites amphiboliques et par un calcaire blanc marmoréen.

Au point de vue tectonique, cette coupe conduit à plusieurs constatations nouvelles et intéressantes. Elle met en évidence la formation au Nord-Ouest (Montjoux) d'un nouvel anticlinal (Ant. n° V), dans lequel réapparaissent les formations amphiboliques qui représentent le Frasnien et peut-être le Famennien dans l'anticlinal n° II, à l'Est. Elle montre l'enfoncement de l'anticlinal n° IV sous les

tufs viséens et la continuation des deux anticlinaux nos II et III, avec les mêmes particularités que dans la coupe précédente : apparition de calcaire blanc marmoréen dans l'axe du no III; de porphyrites amphiboliques dans celui du no II.

La ligne de fractures, représentée par les faisceaux de filons de quartz de Champ-Robert et Argentolle, passe sur la bordure occidentale de l'anticlinal no III et y forme des failles avec lèvres occidentales abaissées; le no II est légèrement déversé vers l'Ouest, comme il l'était d'ailleurs dans les coupes précédentes.

La limite de l'action métamorphisante du granite coïncide avec la bordure Ouest de l'anticlinal no II. Une bosse métamorphisée apparaît toutefois dans l'anticlinal no III, à l'Est du Puits.

Région de Saint-Prix et de la Grande-Verrière

Brusque disparition de l'anticlinal Diou, la Roche-Millay, Mont-Beuvray, (no II) sous les formations stéphaniennes et permiennes du bassin d'Autun. — En suivant la route de Saint-Prix à Saint-Léger-sous-Beuvray, on trouve, au N. E. du mont Glandure, la suite des formations tournaisiennes de l'anticlinal no II. Ce sont d'abord, avant la bifurcation du chemin des Chaises, des cornes feldspathisées avec traces de galets; puis, sur le chemin qui monte à ce hameau, des poudingues à galets de quartz et de quartzites bien conservés, malgré un métamorphisme intense (avec naissance de feldspath et de mica).

Sur la route du fond de la vallée, après la traversée du ruisseau, sous la Croix-Prézin, affleurent des cornes micacées noires, verdâtres par endroits (riches en épidote), avec quelques traces de galets conservés; une carrière, ouverte dans ces cornes à 100 m. à l'Ouest du contact du granite, montre la direction N. E. des couches et leur pendage S. E.

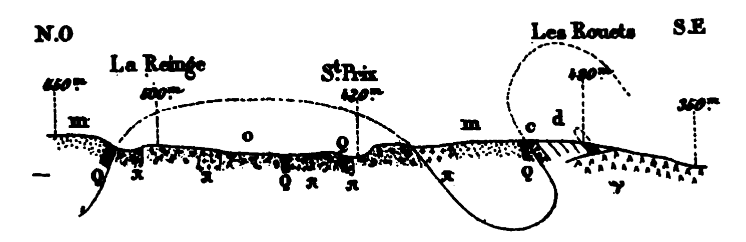


Fig. 18. — Coupe schématique entre la Reinge, Saint-Prix et les Rouets.

m. tufs microgranulitiques, viséens, c. cornes et poudingues métamorphisés, tournaisiens, o. tufs et brèches orthophyriques, Q. filons de quartz, avec galène argentifère, π. microgranulite, γ. granite. Echelle 70.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

Le chemin qui conduit de la Croix-Prézin aux Rouets vers le N. E., reste dans les quartzites et cornes feldspathisées; à la croisée du chemin de crête, apparaissent des galets conservés. Dans le hameau même des Rouets, affleure une porphyrite amphibolique. Cette roche marque le passage de l'axe anticlinal

n° II. La butte 483 sur les Vignes est encore en quartzites ; mais là est la limite des formations de quartzites et de poudingues du Tournaisien ; elles disparaissent momentanément, par étranglement entre le granite et les tufs supérieurs.

La montée du vallon entre Chanson et La Reinge, au N. O. de Saint-Prix, offre de fréquents arrachements dans des roches vert foncé, tuffacées, qui se distinguent des tufs microgranulitiques francs par la rareté des micas hexagonaux et qui rappellent au microscope les tufs orthophyriques de la Vieille-Montagne. Je les crois tournaisiens comme ces derniers. Ils forment la suite de l'anticlinal n° III qui s'enfonce rapidement au N. E. pour disparaître bientôt et définitivement sous les tufs viséens que nous allons voir s'étendre jusqu'en bordure du bassin d'Autun. La route de Montcharmont et la rive droite du ruisseau de Vermenot montrent également des affleurements de ces tufs tournaisiens.

Les filons de microgranulite qui traversent les formations précédentes sont abondants, en particulier aux environs immédiats de Saint-Prix ; sous le moulin de ce village, on trouve des variétés granitoïdes se rapprochant des microgranites. La pinite est fréquente dans les filons qui affleurent au Sud de la butte de Saint-Prix, sur la rive gauche du ruisseau d'Argentolle. Les microgranulites du vallon de la Reinge sont également riches en parties granitoïdes.

Des filons de quartz, alignés sur le faisceau de Champ-Robert, Argentolle, recoupent les formations des environs de Saint-Prix ; l'un au fond du vallon de Chanson, à 400 m. à l'Ouest de la Reinge, dirigé N. 30° E., contient de la galène argentifère qui a fait l'objet d'une recherche, maintenant abandonnée. Un filon de quartz blanc traverse la vallée à 300 m. au S. E. du moulin de la Planche, formant une muraille N. 45° E. sur les deux flancs de la vallée ; un autre affleure en débris sur le chemin de Saint-Prix à Argentolle et se retrouve plus au N. E., dans la butte de la Montagne. Enfin je signalerai le filon qui recoupe la ligne de faîte à 600 m. à l'Ouest des Rouets.

Les tufs noirs microgranulitiques, bien reconnaissables, affleurent le long de la route, entre Vermenot et Saint-Prix ; ils passent vers l'Ouest à des variétés grises, très riches en grands feldspaths brisés, contenant une moindre proportion de ciment pétrosiliceux, qui pourraient être prises pour du granite écrasé ; sur la première édition de la feuille d'Autun, ces variétés sont indiquées sous la désignation γ^2 (tufs granulitiques ou granulites à mica noir) ; on verra bientôt l'extension qu'elles prennent sur la feuille de Château Chinon et les raisons qui m'ont conduit à les comprendre dans les formations tuffacées viséennes.

Ce sont elles dont est composé l'éperon qui vient affleurer vers le Sud, sur le chemin de Saint-Prix à Saint-Léger-sous-Beuvray, à la bifurcation du chemin des Chaises. Cet éperon correspond au passage de l'axe synclinal, intermédiaire entre les anticlinaux n° II et n° III.

Les tufs microgranulitiques s'étendent vers l'Ouest au-dessus des formations tournaisiennes et viennent chevaucher sur le granite et la granulite au Nord de Saint-Léger-sous-Beuvray, recouvrant l'axe anticlinal n° II, abaissé sur environ 3 km., entre le sommet des Vignes et la butte des Eperiaux, à l'Est de la Grande-Verrière. Ils supportent directement les schistes du Stéphanien qui bordent à

l'Ouest le pourtour du bassin d'Autun et dont il existe un affleurement net, riche en empreintes de plantes, sur la route de Saint-Léger à Monthelon, 400 m. avant la bifurcation du chemin du Mousseau.

De la Grande-Verrière à Senavelle, on traverse d'abord des tufs, puis on rentre sur une bosse de granite et de terrains granitisés, qui constitue une dernière réapparition de l'anticlinal n° II ; le granite y est à grains fins ; il est percé de filons de microgranulites. Avant les premières maisons de Senavelle, affleure un banc de cornes vertes amphiboliques, N. E., bientôt suivi par de nouveaux pointements granitiques. Au-dessus des maisons de Senavelle, un nouveau banc de corne amphibolique, N. 45° E., pendage Est, précède immédiatement un passage de poudingues à galets de quartz et de quartzites métamorphisés tournaisiens ; la ligne de faîte est garnie de cornes micacées et amphiboliques jusqu'au château de Bouton ; les couches du Stéphanien apparaissent sur le chemin de descente des Eperiaux. On voit que ce lambeau comporte des terrains qui représentent le Tournaisien inférieur et le Dévonien supérieur ; il se relie avec évidence aux formations de l'anticlinal n° II dont il forme le prolongement.

Résumé de la région de Saint-Prix, la Grande-Verrière. — Au point de vue stratigraphique, un seul fait saillant doit être retenu dans cette région : la transgression nette des tufs viséens sur les formations antérieures, sous une forme analogue à celle que nous avons déjà étudiée aux environs de Montjoux et de Moulins-Engilbert.

Au point de vue tectonique, nous assistons à la disparition de l'anticlinal n° II, suivi depuis Diou, sous les terrains permo-houillers du bassin d'Autun ; après s'être caché quelque temps sous les tufs, il réapparaît encore à Senavelle ; mais cette réapparition est de courte durée, car son axe, qui est E. N. E. depuis le Mont-Beuvray, va butter contre l'extrémité occidentale du bassin d'Autun. L'anticlinal n° III disparaît par abaissement ; il s'enfonce sous les tufs viséens qui s'étendent vers l'E. N. E. en une aire synclinale importante.

Ainsi, du groupement formé sur le bord du massif granitique de Luzy par l'anticlinal Diou, Gilly, la Roche-Millay (n° II) et par ses trois anticlinaux voisins et secondaires, anticlinal Perrigny, Chalmoux, Luzy (n° I), anticlinal Savigny, bois de Buson (n° III), anticlinal Lanty, Vieille-Montagne (n° IV), il ne subsiste plus aucune trace à 2 km. au N. E. de la Grande-Verrière, au moins sur une très grande distance.

PROLONGATION VERS LE NORD-EST ET VERS L'EST DU FAISCEAU SYNCLINAL DU MORVAN[1].

Au premier coup d'œil, jeté sur la carte au 320.000e du Morvan central et septentrional, on remarque aisément que les terrains anciens, dévoniens et car-

[1] Consulter la carte au 320.000e de la planche VI, les feuilles géologiques au 80.000e de Beaune, Châlons et Château-Chinon et la carte au 40.000e de MM. Michel-Lévy, Delafond et Renault [63].

bonifères, antérieurs à la mise en place du granite, qui formaient des zones continues et homogènes à l'Ouest du massif granitique de Luzy, perdent ce caractère de continuité et ne se rencontrent plus qu'en lambeaux isolés, à contours irrégulièrement déchiquetés, au milieu du granite qui les a disloqués et partiellement digérés. Nous verrons que la constitution de ces lambeaux, de même que leur alignement le long de lignes directrices communes, crée entre eux des liens d'autant plus intéressants qu'ils sont moins apparents de prime abord.

Mais la méthode descriptive par coupes transversales aux plis, adoptée pour la partie S. O. du Morvan, ne peut plus être employée ici avec profit. Je suivrai donc les anticlinaux et les synclinaux dans leur longueur et je décrirai succinctement les lambeaux intéressants, encore conservés au milieu des anticlinaux envahis par le granite. Avant d'entrer dans le détail des nouveaux plis que nous allons étudier, on remarquera que les anticlinaux déjà suivis, N.-S. puis N. N. E., aux environs de Bourbon-Lancy, deviennent franchement N. E. dans le voisinage des hauts sommets du Morvan (Le Glandure, le Préneley, la Brûlée). Le synclinal de tufs microgranulitiques, qui part de Saint-Honoré pour aboutir au Nord d'Arnay-le-Duc, est caractéristique à ce point de vue. Plus au Nord, dans le Morvan septentrional, les plis continuent leur mouvement en éventail et finissent par devenir E. N. E. et presque E -O. dans la région gneissique qui sépare le granite de Lormes, Saulieu, de la granulite d'Avallon, Semur.

Nous verrons successivement :

1° La réapparition de l'anticlinal n° II ou de l'un de ses accompagnateurs, du côté oriental du bassin d'Autun.

2° Le synclinal des tufs microgranulitiques de Saint-Honoré, Mont-Préneley, qui se poursuit sans discontinuité sur la bordure Nord du bassin d'Autun.

3° L'anticlinal n° V de Moulins-Engilbert, Château-Chinon, Cussy-en-Morvan, Manlay.

4° Le synclinal des tufs viséens et des microgranulites du Frétoy, Chaumiens, Ménessaire, Bar-le-Régulier, avec ses apparitions de calcaires viséens à Foraminifères et, au Nord, ses pincements anticlinaux secondaires de Ménessaire, de Villiers et de Vianges (anticlinal n° VI).

Je m'arrêterai là dans l'étude détaillée du Morvan septentrional ; plus au Nord, il n'existe plus de lambeaux susceptibles d'apporter des données nouvelles à la connaissance du Dévonien et du Carbonifère inférieur. Le synclinal qui s'étend au N. E. du granite de Planchez, se compose uniquement de roches éruptives, microgranulites et porphyres pétrosiliceux (Montreuillon). Au delà, commence une aire anticlinale, comparable comme importance et étendue à celle du massif granitique de Luzy : c'est le massif granitique de Lormes qui se relie vers l'Est à la granulite et au granite de Dhun et de Saulieu. Ce massif forme la limite septentrionale du faisceau synclinal du Morvan. L'aire affaissée qui vient ensuite, est exclusivement composée de gneiss (Chastellux-Rouvray) ; elle contient un synclinal qui a été rempli par le Stéphanien de Sincey, littéralement replié comme une feuille de papier et partiellement comblé par des porphyres pétrosi-

liceux ; mais ni moi, ni mes devanciers n'y avons trouvé trace de Dinantien, soit que le métamorphisme granitique y passe par un maximum, soit que ces terrains aient réellement été balayés par l'érosion.

1° Réapparition de l'anticlinal n° II ou de l'un de ses accompagnateurs (anticlinaux de I à IV) du côté oriental du bassin d'Autun. Lambeau compris entre Epinac et Molinot.

Existence d'un seuil de granite et de terrains primaires à l'Est du bassin. — Le bassin d'Autun est bordé vers l'Est par une ceinture de hauteurs qui le dominent d'environ 200 m. et qui empêchent ses eaux de descendre vers la Saône, toute proche, les forçant à couler par la Drée et l'Arroux vers la Loire, fort loin, et se trouvant ainsi sur la ligne de partage des eaux de la Loire et du Rhône. Avant d'étudier en détail la géologie de la région, on peut prévoir l'existence sous les terrains secondaires, triasiques, liasiques et jurassiques, qui recouvrent ces hauteurs, d'un seuil de terrains primaires formant la muraille résistante qui a forcé les eaux du bassin d'Autun (altitude comprise entre 300 et 320 m.) à couler pendant 80 km. environ, jusqu'à Digoin (221 m.), suivant une pente moyenne de 0,12 0/0, au lieu de n'avoir à parcourir, en passant par Saizy et Nolay, qu'environ 10 km. pour aboutir à la même altitude (215 m.) dans la vallée de la Dheune, avec une pente de 1 0/0. Mais si l'on descend dans le fond des vallées qui vont d'une part vers le bassin d'Autun, d'autre part vers la vallée de la Saône. entamant profondément le revêtement presque horizontal des terrains secondaires, on voit aussitôt que l'hypothèse d'un seuil surélevé de terrains anciens se trouve confirmée. Dans les parties élevées des vallées de la Drée, de la Miette, du Lacanche et de l'Arroux, dont les eaux se rendent dans le bassin d'Autun, le gneiss et le granite du socle, arrasé par la pénéplaine antétriasique, affleurent au bord des cours d'eau et à flanc de coteau, tout le long de ces vallées, dessinant sur la carte géologique le réseau hydrographique de la région. De même, sur le versant plus abrupte de la Saône, les affluents de gauche de la Dheune entament assez profondément la couverture secondaire pour mettre à nu le socle gneissique, du moins dans la partie haute de leur cours ; car plus à l'Est, les nombreuses failles N.-S., en escalier, qui préludent à l'effondrement de la Saône, abaissent les couches géologiques plus rapidement que ne s'abaisse la surface du sol vers l'Est ; les couches secondaires affleurent alors seules dans le profil en travers des vallées. Les compartiments, restés les plus élevés du socle ancien, coïncident avec la ligne de faîte actuelle qui, venant du plateau d'Antully (555 m.), passe entre Saisy et Nolay, à 475 m., pour atteindre 563 m. vers Santosse et 573 m. à Mavilly, entre Arnay-le-Duc et Beaune. Les points les plus hauts qu'atteignent les formations anciennes, affleurant au fond des vallées qui descendent de cette ligne de faîte. sont à l'Ouest, 420 à 430 m. pour le bassin de la Drée, 380 à 430 m. pour celui de la Miette, 410 m. pour celui du Lacanche, 410 à 420 m. pour celui de l'Arroux, à l'Est, 400 m. pour

la rivière de Dracy-les-Couches, 400 m. pour le bassin de la Cusanne (gneiss d'Epertully). Le seuil ancien est donc à environ 430 m. d'altitude ; il dépasse d'environ 110 m. l'altitude moyenne du bassin d'Autun et domine de 250 à 260 m. la vallée de la Saône ; il supporte un revêtement de terrains secondaires qui varie de 50 à 150 m. d'épaisseur.

Lambeau d'Epinac, Molinot. — La composition géologique exacte du socle ancien, ainsi mis en évidence, ressort assez exactement de l'étude des fonds de vallées de toute cette région ; au N. E. du plateau d'Antully, il est formé par les gneiss granulitiques, prolongement de ceux qui longent, vers Broye et au Nord du Creusot le massif granitique de Luzy ; dans les hautes vallées du Lacanche et de l'Arroux, il est principalement constitué par du granite et de la granulite, sur lesquels reposent au S. O., en bordure du bassin d'Autun, des tufs microgranulitiques ; les tufs de la Selle correspondent avec évidence au synclinal de Saint-Honoré ; quant à ceux qui s'échelonnent d'Igornay à Morgelle et jusqu'à l'Est d'Epinac, on remarquera qu'ils sont séparés des précédents par une puissante traînée granulitique qui borde sur sa rive droite la vallée de l'Arroux, à son débouché dans le bassin d'Autun. Il y a donc la place d'au moins un anticlinal entre les tufs de Saint-Honoré, prolongés, et les tufs d'Epinac qui doivent correspondre plutôt à ceux de Chiddes.

Tous ces axes, synclinaux comme anticlinaux, se relèvent vers l'E. N. E. et font place, vers Arnay-le-Duc et Molinot, à des roches exclusivement granitiques. Au Sud, commence la région gneissique qui s'enfonce comme un coin au milieu du massif granitique de Luzy, bordant la vallée de la Mesvre entre le granite du Creusot et la granulite d'Antully et d'Autun.

C'est entre ces deux régions, l'une principalement granitique, l'autre partiellement gneissique, que la prolongation d'un des anticlinaux I à IV laisse apparaître les couches paléozoïques dont il me reste à parler. Aussi bien convient-il de remarquer qu'elles reposent sur la prolongation du massif granitique de la région de Luzy.

En suivant la voie ferrée d'Epinac à Dijon par Thorey-sur-Ouche. on quitte après le domaine de Curié, à l'Est d'Epinac, le pays des grès et poudingues stéphaniens, percé par de nombreux puits de mines qui s'enfoncent jusqu'au faisceau schisteux et charbonneux d'Epinac, et l'on entre dans la bordure montagneuse orientale du bassin d'Autun et d'Epinac. La route et la voie ferrée suivent le fond de la vallée et c'est entre le Petit-Curié et Molinot, sur 3 km. 1/2 de longueur, qu'elles recoupent de l'Ouest à l'Est un lambeau paléozoïque. La vallée se maintient à une altitude de 350 à 365 m. alors que les argiles et les grès triasiques garnissent presque horizontalement le sommet des coteaux, à 430 m. d'altitude ; les terrains anciens occupent ainsi une assez large surface transversalement à la vallée qui est peu encaissée.

A la route du Bois du Rouan et du Grand-Vau, les tufs microgranulitiques apparaissent ; ils sont, ici, très décomposés ; un filon de quartz N. N. O. les traverse à 300 m. à l'Ouest, parallèlement à la bordure du bassin d'Autun. Après la traversée du ruisseau du Grand-Vau, à l'éperon du bois des Coupées, les tufs

sont noir verdâtre, pétrosiliceux et très riches en micas noirs hexagonaux ; un filon de microgranulite les recoupe.

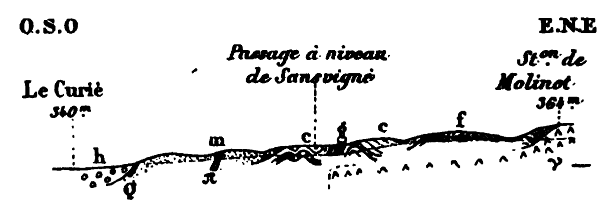


Fig 19. — Coupe de la station du Curié à Molinot.

h. Houiller, poudingue à éléments granitiques d'Epinac, m. tufs microgranulitiques viséens, c. grès arkosiens et poudingues tournaisiens, f. schistes micacés et maclifères, famenniens, g. calcaires (gréseux) frasniens ? Q. filons de quartz, π. microgranulite, γ. granite. Echelle 5.000e (hauteurs amplifiées 8 fois).

Dans la tranchée du chemin de fer qui précède le passage à niveau de Sansvigné, ces tufs reposent sur des arkoses silicifiées, entremêlées de tufs blancs orthophyriques, genre Vieille-Montagne ; des bancs de poudingues à galets de quartz et de quartzites, métamorphisés par endroits, dirigés N -S. et plongeant vers l'Ouest puis vers l'Est, jouent avec les arkoses. Dans la tranchée de la route, après le passage à niveau de Sansvigné, apparaît sous les arkoses une alternance de schistes micacés et de petits bancs minces de calcaire blanc à grains de quartz, corné par place et fossilifère; ils sont dirigés N.-S. et ont un pendage rapide vers l'Ouest ; les tiges d'encrines y sont assez abondantes. Mais aucun fossile ne permet d'en déterminer l'âge exact En plaque mince, ces calcaires se montrent cristallins ; ils contiennent des grains de quartz assez abondants ; aucune trace d'organisme n'y est décelée par le grossissement. Ils reposent sur des cornes micacées noires, à l'Est desquelles se retrouvent quelques bancs arkosiens à galets, entremêlés dans des schistes micacés et tachetés. Jusqu'au granite qui affleure à Molinot, on ne quitte plus ces schistes gréseux micacés et tachetés qui sont en bancs de 10 à 20 cm., légèrement plissés, mais horizontaux dans l'ensemble.

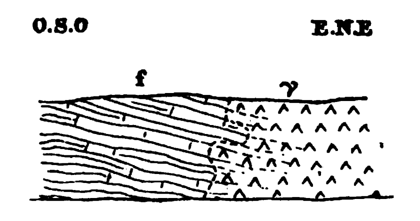


Fig. 20. — Contact des schistes micacés et feldspathisés et du granite à la gare de Molinot (tranchée Nord).

f. Famennien, schistes gréseux très micacés et feldspathisés, γ. granite. Echelle 700e.

Ces formations calcaires et schiteuses, paraissant inférieures aux poudingues, tufs et quartzites à faciès tournaisien, doivent représenter le Dévonien ; mais aucun fossile ne nous permet de l'affirmer.

Dans la tranchée du chemin de fer, qui précède la gare de Molinot, les schistes micacés et maclifères deviennent feldspathisés et passent à des schistes gneis-

sifiés. A la gare même, on voit dans le talus, au Nord, les couches schisteuses pendre vers l'Est et venir s'enfoncer dans le granite. Près du contact, où la stratification est encore conservée, les schistes deviennent très riches en mica noir et se chargent de feldspaths. Le contact du granite est ici très net ; le granite est d'abord à éléments fins et d'un type microgranitique (à quartz rétracté) (fig. 20).

A côté de ce lambeau ancien de Molinot, je citerai quelques autres apparitions paléozoïques qui s'y rattachent nettement, dans les vallées voisines. Sur la route d'Epinac à Aubigny-la-Ronce, dans la montée à l'Est de Ressille, la carte géologique au 80.000e indique du Dévonien sous les argiles et les sables triasiques ; je n'y ai trouvé que des tufs microgranulitiques, schisteux et froissés. Entre « la Forêt » et la Vesvre-de-Saizy affleurent, au milieu des gneiss granulitiques, des schistes micacés et maclifères ; de même vers le Nord près de Coëffant.

2° Synclinal de tufs microgranulitiques viséens, St-Honoré, Mont-Préneley, sur la bordure Nord du bassin d'Autun.

Nous avons déjà parcouru les formations tuffacées de ce synclinal entre St-Honoré, Onlay, St-Prix et La Grande-Verrière, dans sa partie comprise sur la feuille au 80.000e d'Autun. Elles se prolongent vers le N. E. sur la feuille de Château-Chinon et couvrent, ici encore, de grandes surfaces, vers la Forêt de Gravelle, au S. O. et au S. E. de Fachin, vers la forêt de St-Prix, les bois de Folin, la forêt de Glaine et les bois de la Selle ; puis passant sur la rive gauche de la Selle, elles s'étendent en une large zone (d'environ 6 km.), dirigée vers l'E. N. E., dans laquelle se trouvent compris la Petite-Verrière, Sommant, Lucenay-l'Evêque, Reclesne, Barnay, Sansange, et Voudenay-le-Château ; plus vers l'Est, l'envahissement par les terrains secondaires ne permet de suivre les formations anciennes que dans le fond des vallées ; de même qu'aux environs d'Epinac, la relevée des axes tectoniques fait disparaître le synclinal de tufs microgranulitiques que nous suivons en ce moment : vers l'E. N. E. et aux environs d'Arnay-le-Duc, on voit leur succéder les granites et les granulites de leur soubassement.

La microgranulite, en masses ou en filons, est toujours abondante au milieu des tufs, aux environs de Fachin, de Roussillon, sur la rive droite du Ternin, au S. O. de Lucenay-l'Evêque, au N. de Barnay.

Dans la vaste zone ainsi parcourue, que j'ai teintée sur la carte au 320 000e uniformément en tufs viséens, se trouvent englobées certaines régions dans lesquelles M. Michel-Lévy avait distingué, en 1881, sur la feuille de Château-Chinon, des roches différentes. La forêt de Gravelle et les bois du Grand-Montarnu y sont indiqués en orthophyres à mica noir dans lesquels il faut voir des variétés de tufs microgranulitiques très pétrosiliceux. La forêt de St-Prix, les bois de Folin, la forêt de Glaine, les bois de la Selle, y sont teintés en granulite à mica noir (γ^2) ; déjà sur la route de St-Prix à St Léger-sous-Beuvray, j'ai eu

l'occasion de signaler le passage insensible des tufs viséens, à pâte noire, très riches en mica noir, à des variétés où la prédominance des débris de feldspalhs et du quartz bipyramidé donne à la roche une couleur claire et la fait ressembler à de la granulite dynamométamorphisée ; il n'y a pas de raison suffisante au point de vue pétrographique pour séparer ces variétés des tufs viséens proprement dits. La stratigraphie et la tectonique de la région en sont, au contraire. plus facilement expliquées. J'ajouterai que sous cette même dénomination de γ^2, ont été indiquées des roches franchement granitiques, comportant vers Arleuf des variétés de granite schisteux à grains fins et très riches en mica noir, et vers Anost et Cussy-en Morvan, de véritables granites ; la délimitation entre ces formations granitiques et les tufs viséens est souvent très difficile et nécessitera de nouvelles études détaillées pour une seconde édition de la feuille de Château-Chinon.

M. Michel-Lévy s'exprimait ainsi, en 1879, au sujet des variations et de la difficulté de délimitation de cette puissante formation éruptive, notée par lui γ^2 : « C'est une série qui contient principalement des microgranulites à gros grains, « riches en mica noir et parfois en pyroxène, des minettes et des kersantites. « Son apparition coïncide avec la formation de brèches ou de tufs des roches « préexistantes qu'il est souvent difficile de distinguer de la nouvelle roche « éruptive. Nous citerons les roches de Montseaunin comme un type de micro« granulite à mica noir, en partie brisée et tuffacée ».

Enfin, je signalerai que les roches indiquées comme étant des porphyres pétrosiliceux au N. O. de Savernay et de Reclesne ne sont que des tufs microgranulitiques dans lesquels la pâte pétrosiliceuse est particulièrement abondante. M. Delafond les avait toujours considérées comme telles et M. Michel-Lévy s'est rallié à cette opinion sur la carte au 40.000e du bassin d'Autun. En fait, ces tufs de la Selle et de la Petite-Verrière se montrent, au microscope, extraordinairement pétrosiliceux, assez pauvres en mica noir, et leur composition pétrographique explique les hésitations de mes devanciers.

Lambeaux au sommet 781 (Les Carnés) et à Barnay-Dessus. — Au milieu de ce vaste synclinal de tufs viséens, apparaissent, probablement à la faveur d'un petit anticlinal secondaire, quelques rares lambeaux de terrains antérieurs. Je veux parler du lambeau indiqué sur le sommet 840 entre les Courreaux et les Carnés, au S. E. de Fachin et de celui de Barnay-Dessus.

Le premier, dont l'étendue a été très exagérée, se réduit à quelques affleurements de quartzites blancs et gris, métamorphisés, rappelant ceux de la bordure du massif granitique de Luzy, et très probablement tournaisiens ; ils sont situés sur la ligne de crête et sur le flanc Ouest du sommet 781 à l'Est du hameau des Carnés ; au sommet 840, et dans le vallon boisé qui en descend vers l'Ouest, je n'ai rencontré que des tufs noirs, riches en mica. Il est vrai que le travail de contours est rendu très difficile, parfois presque impossible par l'étendue et la continuité des forêts qui recouvrent d'humus le sous-sol rocheux de ces points culminants du Morvan (forêt de Saint-Prix, La Brûlée (902 m.) et bois de Folin).

Le deuxième lambeau, celui de Barnay-Dessus, se compose de schistes micacés dont le faciès banal ne permet aucune assimilation précise. Un épanchement considérable de microgranulite les recouvre au N. O. Les tufs viséens qui les longent au S. E. sont du type riche en feldspaths brisés, rappelant le granite froissé.

Lambeau de Maizière. - Dans la partie du synclinal de tufs viséens, prolongée vers l'Est. que recouvre le Lias sur la rive droite de la vallée de l'Arroux, il existe encore un lambeau de terrains primaires appartenant au même pli anticlinal secondaire que les deux lambeaux précédents. Il s'étend au S. O. de Maizière, dans la direction de Sansange. Les terrains qui le constituent sont des schistes micacés et tachetés, accompagnés de quelques bancs de grès arkosiens fins

Au voisinage de ce lambeau, jaillit dans la microgranulite et les tufs, une source froide, réputée contre la gravelle et très chargée d'hélium (d'après M. Moureu), auprès de laquelle a été construit un petit établissement balnéaire.

Eruptions contemporaines du Houiller supérieur sur la bordure Nord du bassin d'Autun. — Au contact des tufs viséens et du Stéphanien ou du Permien inférieur, on rencontre sur la bordure Nord du bassin d'Autun, des dômes et des coulées de roches lamprophyriques, remarquablement conservées, contemporaines du Houiller supérieur et recouvertes par les premières couches du Permien inférieur. Je veux parler des pointements des Pelletiers, du Maugun, près Igornay, d'Essertenne, du Buet et de Morgelle.

On remarquera que cette situation sur le fond houiller supérieur ou permien inférieur, authentiquement conservé après les grands plissements hercyniens et le nouvel affaissement synclinal dans lequel se sont déposées les couches détritiques houillères et permiennes, caractérise nettement l'âge et le mécanisme de sortie de ces épanchements volcaniques ; ils sont, en tout, comparables à un grand nombre d'éruptions tertiaires. La pénéplaine antétriasique a arrasé ces roches qui se montrent recouvertes horizontalement par les couches triasiques les plus inférieures de la région, qui sont probablement à rapporter au Trias moyen à *Myophoria* (Munier-Chalmas).

M. Michel-Lévy a déjà complètement décrit ces lamprophyres au point de vue pétrographique et stratigraphique [30, p. 873]. Il m'a paru intéressant de reprendre leur étude, surtout au point de vue chimique (voir Chap. V).

Je rappellerai l'intérêt que présentent ces épanchements au point de vue de l'histoire des filons de roches lamprophyriques, si abondants dans tout le Morvan et dans le Plateau central. Ces filons minces percent en effet les porphyres pétrosiliceux de Montreuillon que M. Michel-Lévy a démontré appartenir à la période houillière; ils ne traversent jamais le Trias ni le Lias. Ils ont donc fait éruption entre le Houiller et le Trias ; l'observation des coulées si conservées des Pelletiers, du Maugun, du Buet et de Morgelle viennent confirmer et préciser cette hypothèse.

Aux Pelletiers, une coulée, recoupée par la route de Lucenay-l'Evêque à Igornay, repose sur une couche sableuse à mica blanc et à lits schisteux, riches en restes de plantes et d'aspect cinéritique, qui appartient, d'après M. Delafond,

[63, p. 50] à l'étage des schistes bitumineux d'Igornay-Lally (Permien inférieur); la base de la coulée est extrêmement vacuolaire et bréchiforme. La colline sur laquelle monte le sentier de la Chaume comporte des variétés compactes qui forment un dôme massif; à la Chaume et dans le vallon voisin au Nord-Ouest, les tufs viséens sont percés par des filons minces (50 cm. à 1 m.) de porphyrites micacées, dirigés vers le N. et le N. O. et qui se rattachent à l'appareil éruptif externe des Pelletiers.

La coulée du Maugun, près Igornay, se trouve dans la même situation stratigraphique. On y remarque le phénomène de la décomposition en boules, fréquent dans les roches lamprophyriques.

Au Buet, près le Grand Molloy et à Morgelles, les coulées reposent non plus sur le Permien inférieur, mais sur le Houiller supérieur (faisceau houiller du Grand Molloy); la montée de Morgelles vers les bois de Varisey (421 m.) est particulièrement intéressante; une carrière est ouverte au fond du vallon, dans un lamprophyre très compact, avec cassures prismées, rappelant celles des orgues basaltiques; le chemin s'élève d'environ 70 m. dans la coulée qui devient très vacuolaire et supporte à la partie supérieure des grès arkosiens et des marnes triasiques, parfaitement horizontaux.

Ainsi, l'âge minimum des éruptions lamprophyriques se trouve déterminé par les exemples précédents. Il est immédiatement postérieur aux couches permo-carbonifères et probablement antérieur au Permien proprement dit, car on n'a jamais trouvé de tels filons ou épanchements dans les mines d'Igornay, en plein Permien.

3° Anticlinal de Moulins-Engilbert à Manlay (n° V).

Au synclinal de tufs viséens, dont nous venons d'esquisser les lignes principales, succède au N. N. O. une zone granitique anticlinale qui prend en écharpe le haut Morvan, le traversant dans une direction E. N. E. depuis Moulins-Engilbert jusqu'à Manlay et Marcheseuil, en passant par Saint-Léger-du-Fougeret, Château-Chinon, Arleuf, Anost et Cussy-en-Morvan. Cette zone, dans laquelle apparaissent des lambeaux disloqués des terrains paléozoïques, est limitée sur sa bordure septentrionale, d'abord par un puissant massif purement granitique (granite porphyroïde de Château Chinon), qui s'étend à Sermages, Dommartin et Corancy, puis par un nouveau synclinal, envahi par les tufs viséens, les microgranulites et les porphyres pétrosiliceux, celui de Frétoy, Ménessaire, Bar. Dans la zone anticlinale, le granite est rarement à grands cristaux ; il est le plus généralement à éléments fins; le quartz y a une tendance marquée à se rétracter ; le type le plus fréquent est celui que l'on recueille sur la route de Château-Chinon à Arleuf; c'est un granite gris, schisteux, avec des bandes plus ou moins foncées suivant leur richesse en mica noir; il pourrait être pris, par endroits, pour un schiste très granitisé, encore incomplètement digéré. Ailleurs (près de Sermages), il passe à des kersantites, traversées de micropegmatites à pyroxène. Cette

inhomogénéité et ces caractères spéciaux expliquent que M. Michel-Lévy ait recouru sur la feuille de Château-Chinon à une notation spéciale (γ^2, granulite à mica noir, kersantite) pour cette formation granitique.

Il n'y a aucune raison de noter de manière spéciale le granite de la zone que nous étudions ; nous allons voir qu'il s'est mis en place à la même époque que le granite à grands cristaux du massif de Luzy ou que celui situé à l'Ouest de Château-Chinon. La seule conclusion que nous puissions tirer de sa structure spéciale est que c'est un granite très voisin de l'ancienne voûte de contact des formations sédimentaires, métamorphisées, aujourd'hui en grande partie érodées, mais dont il reste encore de nombreux flottements non entièrement digérés; en un mot que c'est un granite de digestion incomplète.

Les lambeaux de terrains anciens répartis dans cette zone granitique, sont rares et très déchiquetés vers l'O. S. O. ; ils deviennent plus nombreux et plus grands aux environs de Cussy-en-Morvan et finissent par se toucher et par recouvrir tout le granite entre la vallée du Ternin et Manlay.

Les axes des plis se relèvent avec évidence vers l'O. S. O., ramenant le granite à grands cristaux, porphyroïde, à la place des synclinaux de tufs microgranulitiques et espaçant les lambeaux de schistes paléozoïques dans le granite, dit de digestion. Vers l'E. N. E., au contraire, les axes des lignes tectoniques s'abaissent ; les synclinaux se remplissent de tufs microgranulitiques ; les anticlinaux de granite se chargent de lambeaux plus nombreux et plus importants de schistes paléozoïques qu'ils ont partiellement digérés.

Les lambeaux, que je me propose de décrire, sont, dans leur ordre d'apparition de l'Ouest à l'Est, les suivants :

1° Flottements de Montjoux, Grand-Ry, Sermages ;
2° Flottement de Clinzeau (près de Saint-Léger du Fougeret) ;
3° Flottement de la Comme (N. O. de Fachin) ;
4° Pointements dioritiques de Château-Chinon, les Chaintres, les Rolins ;
5° Flottement de Vouchot, les Brenets ;
6° Flottement entre Roche-Maçon et la forêt d'Anost ;
7° Flottement de la forêt de Bussy, Sanceray ;
8° Pointements dioritiques de Bussy et d'Anost ;
9° Flottement de Dront, Villebœuf, La Vallée ;
10° Flottement de Cussy, Vignerux, Allye ;
11° Région de Mortaise, les Petits Jours, Visemoux ;
12° Région de Ruisselle, le Guidon, le Lomont ;
13° Réapparitions sous le Secondaire au Passeux et au S. de Suze.

1° *Flottements de Montjoux, Grand-Ry, Sermages.* — Dans la description de la coupe N° XI, j'ai suffisamment indiqué quelles sont les roches constituantes du lambeau qui s'étend entre Montjoux et Grand-Ry, l'âge frasnien des cornes amphiboliques, l'âge soit famennien, soit tournaisien des cornes noires micacées et feldspathisées qui les accompagnent. Je rappelle ici l'importance des affleu-

rements de cornes amphiboliques. A la sortie de Grand-Ry, sur la route de Sermages, j'ai trouvé, au milieu du granite fin, un étroit passage de schistes psammitiques, gris verdâtre, très froissés (dirigés N.-S. avec pendage O. de 80°) qui ne paraissent nullement métamorphisés. Ils contiennent de petits bancs finement arkosiens.

Le lambeau de Sermages est allongé dans le sens N. E. et recoupé dans sa longueur par le Guignon, qui y creuse une profonde vallée. Il est principalement formé par des quartzites clairs, lustrés, passant à des cornes feldspathisées ; en deux points j'ai trouvé ces quartzites adossés à des cornes amphiboliques, sur la route de Moulins-Engilbert à Saint-Léger du Fougeret (à 500 m. de la bifurcation de la route de Sermages) et sur le chemin de la Grande-Montée à la Vaudelle, au S. E. de Sermages. Les quartzites ont le faciès, déjà maintes fois rencontré, des quartzites du Tournaisien inférieur.

2° *Flottement de Clinzeau.* — La route du château de Saint-Léger à Saint-Léger-du-Fougeret s'élève dans un granite gris à grands cristaux d'orthose, plus ou moins froissé par endroits. Un peu avant la bifurcation du chemin de Clinzeau, apparaît une première intercalation schisteuse avec bancs gréseux ; mais c'est sur le chemin même de Clinzeau que se développe le lambeau principal ; il est formé par des schistes gris psammitiques fins, presque horizontaux, malheureusement sans fossiles. Ces schistes se prolongent sur la bifurcation vers les Michots jusqu'au premier redan où apparaît leur contact avec le granite gris. La zone de terrains métamorphisés est très étroite ; les schistes intacts deviennent brusquement micacés, puis cornés, par silicification et feldspathisation ; de grands micas hexagonaux, rappelant ceux des tufs, apparaissent dans les diaclases (micas de fumerolle). La montée de Saint-Léger au sommet 583, au Nord du lambeau, se fait dans le granite gris, traversé par des filons de microgranulites ; la couverture boisée rend difficile la recherche des affleurements ; pourtant, il semble certain que le lambeau est plus réduit dans cette direction que ne l'indique la feuille de Château Chinon ; je n'ai trouvé les premiers débris de formations sédimentaires qu'au sommet même ; ce sont ici des quartzites micacés.

Rien de très intéressant ne ressort donc de l'étude de ce lambeau ; les schistes psammitiques intacts qui y apparaissent conjointement avec quelques quartzites, doivent être rattachés au Famennien ou à la base du Tournaisien.

3° *Flottement de la Comme (N. O. de Fachin).* — La route de Fachin à Montseaunin contourne, au Sud de la Comme, un sommet (656) dont le flanc septentrional est en granite gris, mais sur les pentes méridionales duquel affleurent des cornes noires micacées fines, avec bancs verdâtres amphiboliques ; au sommet même, un filon de microgranulite N. 155° E. forme un escarpement ; au S. O., dans le sentier qui rejoint la route des Buteaux, j'ai trouvé des schistes psammitiques, passant à des bancs arkosiens et contenant des traces de plantes que le métamorphisme commençant n'a pas effacées.

Dans les sablières ouvertes sur le chemin des Buteaux, à 50 m. à l'Est de la bifurcation du chemin de Fachin, apparaissent quelques grands blocs de cornes vertes amphiboliques, reposant sur de la granulite en arène et recouverts par

des débris éboulés de microgranulite. Ce sont là des témoins de couches amphiboliques, en partie démantelés. Le lambeau est plus limité au S. O. que ne l'indique la feuille de Château-Chinon ; il est partout entouré par le granite et la granulite, et non par les tufs viséens qui apparaissent à quelque 100 m. au S. E., sur la route des Buteaux.

La présence des schistes gréseux à plantes permet de conclure à l'existence probable du Tournaisien dans ce lambeau de la Comme.

4° *Pointements dioritiques de Château-Chinon, les Chaintres, les Rolins.* — Au milieu du granite gris schisteux, on trouve, à l'Est de Château-Chinon, des pointements isolés de diorite et de diabase à grands cristaux de labrador et de hornblende ou d'augite, terme ultime du métamorphisme de niveaux calcaires qui y existaient avant la mise en place du granite. M. Michel-Lévy en indique un sur la descente de Château-Chinon aux Mouilleferts ; deux sur le chemin des Mouilleferts à Arleuf (au Poisson et aux Rolins), enfin un sur la grande route de Château-Chinon à Arleuf, au N. O. des Chaintres.

5° *Flottement de Vouchot, les-Brenets.* — Sur la rive droite du profond ravin creusé par le ruisseau du Tauron, affluent de l'Yonne, à l'Est de Château-Chinon, affleure un lambeau de terrains anciens qui s'étagent entre le Vouchot, les

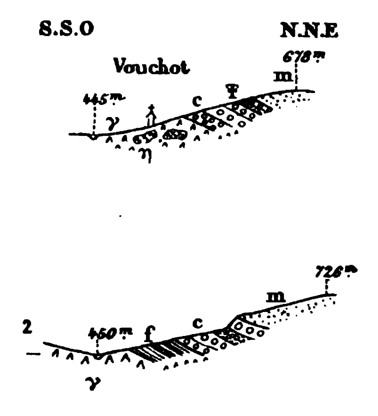


Fig. 21. — Coupes schématiques dans le lambeau de Vouchot, les Brenets. 1) au droit de Vouchot, 2) à 1 km. à l'Est.

m. tufs microgranulitiques viséens, c. poudingues, arkoses à plantes (F) du Tournaisien, poudingues amphiboliques à la base, f. schistes, cornes micacées et amphiboliques du Famennien, π. diorites, γ. granite. Echelle 35.000°.

Brenets et les Brenots, sur 150 m. de hauteur. Deux routes permettent d'aboutir aux extrémités opposées du lambeau ; celle de Corency à la Manille, prolongée jusqu'au Vouchot et celle d'Arleuf aux Brenets et aux Brenots; mais aucune route ne le traverse et il faut, pour l'étudier, suivre les sentiers qui montent sur les flancs escarpés du Gros Mont ou qui longent la rivière.

Vers l'Ouest, on traverse, en venant de la Manille, du granite percé par de

nombreux filons de microgranulite et de porphyre à quartz globulaire ; quelques parties de cornes, incomplètement digérées au milieu du granite, sont recoupées par la route. Au Sud, le granite schisteux limite le lambeau; mais au N. E., aboutissent les tufs viséens qui occupent les hauteurs du Signal du Taureau et se relient au synclinal de tufs du Frétoy et de Ménessaire.

La succession de terrains, observée dans ce lambeau, est particulièrement complète et intéressante. Aux maisons du Vouchot, à 20 m. au-dessus du fond du ravin, affleurent de nombreux blocs de diorite très grenue et à gros éléments, mêlés de blocs plus rares de cornes amphiboliques; tous ces blocs surgissent au milieu d'un granite gris à grains fins qui forme le lit même de la rivière. En remontant la vallée jusqu'au premier ravin latéral, sur la rive droite, on rencontre des schistes psammitiques, gris noir, non métamorphisés, très froissés (N. 120° E., pendage N. E), bordés au Sud et à l'Est par du granite fin qui y détermine, au contact, une zone étroite de corne noire micacée. Des bancs de cornes amphiboliques se rencontrent de nouveau à cette extrémité orientale du lambeau ; ils paraissent inférieurs aux schistes.

Au-dessus de ces formations de base, s'étagent des niveaux de poudingues, d'abord métamorphisés, à pâte quartziteuse verte et à galets de quartz gras et de quartzites lustrés, puis intacts et alors à pâte arkosienne noire, à galets de quartz, d'arkoses et de lydiennes noires ; ces derniers poudingues sont caractéristiques de la base du Tournaisien; des intercalations schisteuses et arkosiennes, avec débris de plantes, qui apparaissent à leur partie supérieure sur le chemin de descente des Brenets à Vouchot, confirment cette hypothèse. La direction des bancs de poudingues qui affleurent jusqu'à l'entrée du hameau des Brenets est N. 80° E. Les tufs viséens viennent au-dessus et complètent la série.

Telle est cette succession dans laquelle on reconnaîtra aisément les niveaux suivants :

Viséen. Tufs microgranulitiques ;

Tournaisien. Poudingues et arkoses à plantes ;

Famennien ? Schistes psammitiques, inférieurs aux poudingues ;

Frasnien. Diorites et cornes amphiboliques.

6° *Flottement entre Roche-Maçon et la forêt d'Anost.* — La route de Lavault-de-Frétoy à Bussy traverse un lambeau de terrains anciens qui occupe le versant occidental des sommets 709 et 795 de la forêt d'Anost. Les talus mêmes de la route en constituent les meilleurs affleurements, car les bois forment une couverture épaisse, difficile à pénétrer (fig. 22).

Ils montrent une succession de bancs quartziteux et schisteux, métamorphisés par endroits. Les quartzites sont blanc verdâtre, à cassure brillante; ce sont ceux que nous avons trouvés si souvent en galets dans les poudingues de la base du Dinantien. Ils sont ici en bancs de 5 à 20 cm. d'épaisseur, plissés; mais leur stratification est remarquablement bien conservée ; leur ensemble atteint au moins 50 cm. d'épaisseur; ils contiennent, à leur partie supérieure, quelques bancs de poudingues qui supportent immédiatement les tufs microgranulitiques.

7° *Flottements de la forêt de Bussy et de Sanceray.* — La route d'Arleuf à Bussy recoupe au N. E. du sommet 739, dans la descente de la vallée de la Selle, un lambeau formé par les mêmes quartzites à cassure brillante, alternant avec des bancs de schistes maclifères, et très disloqués par des montées de granite fin; la stratification y est cependant encore visible; les bancs sont dirigés N. 120° E. et plongent vers le N. E.

A 2 km. plus à l'Est, sur le chemin de Bussy à Athey (à l'Ouest des bois de Sanceray), on traverse un deuxième lambeau qu'il faut rattacher, avec évidence, au précédent; les mêmes bancs de quartzites lustrés, avec leur stratification bien conservée (direction N. 100 à 120° E.), en forment la partie Nord alors que la partie Sud est en schistes micacés et en cornes noires feldspathisées. Tous ces lambeaux flottent au milieu du granite à grains fins.



Fig. 22. — Route de la Roche-Maçon à Bussy, en forêt d'Anost. Talus dans les quartzites tournaisiens lustrés, en petits bancs de 5 a 20 cm.

8° *Pointements dioritiques de Bussy et d'Anost.* — Egalement au milieu de ce granite affleurent, autour de Bussy et d'Anost, de fort belles diorites et diabases à grands éléments. Telles sont celles de la route d'Arleuf, à 1 km. à l'Ouest de Bussy (2 pointements) et celles de Bussy même (3 pointements). Ces diorites forment des masses probablement lenticulaires au milieu du granite; quelquefois, elles n'existent plus qu'en grands blocs, ayant résisté à l'érosion, dans un granite transformé en arènes; il est difficile d'établir quelles sont ici leurs relations avec les quartzites des lambeaux voisins.

9° *Flottement de Dront, Villebœuf, La Vallée.* — L'ancienne feuille au 80.000e de Château-Chinon indique, à partir de Villebœuf vers l'Est, une suite non interrompue de terrains anciens, se prolongeant jusque vers Manlay. C'est là une interprétation un peu trop synthétique. Le granite, en effet, disloque ces terrains au S. O. de Cussy et dans la vallée du Ternin, les séparant en flottements isolés.

Le flottement de Dront, Villebœuf, la Vallée occupe principalement les hauteurs qui séparent la vallée d'Anost de celle de Cussy et Vignerux (sommets 551 m. et 559 m.). Je signalerai de suite l'existence dans le fond de Villebœuf et sous le sommet 559, de blocs de diorites, de microdiorites, de cornes amphiboliques et grenatifères, de porphyrites amphiboliques, jusqu'alors ignorés, apparaissant au milieu du granite à grains fins.

Au-dessus de ces roches amphiboliques se montrent des poudingues tournaisiens à pâte verte, à galets de quartz et de quartzites, très analogues à ceux rencontrés au Beuvray; ils garnissent les hauteurs entre le sommet 559 et les Jours, au-dessus et au N. E. de Villebœuf, et forment des bancs peu métamorphisés, alternant avec des schistes et des arkoses, sur la route des Billons aux Creux; ils bordent ainsi, au Nord et au Sud, l'axe occupé par les roches dioritiques. Le

reste du lambeau est principalement constitué par des quartzites et des cornes micacées et feldspathisées.

10° *Flottement de Cussy, Vignerux, Allye.* — Ce flottement, dont l'étendue est bien plus considérable que celle des flottements précédents, s'allonge sur environ 7 km. de l'Ouest à l'Est, entre la vallée de Cussy-Vignerux et celle du Ternin ; il est partout entouré par le granite qui le découpe en contours sinueux et le pénètre profondément vers Maison-Bourgoux et sur la descente d'Allye. Cependant, au N. O., dans le vallon qui remonte de Fayé vers Montloiron, les tufs viséens, très riches en débris de feldspaths, viennent à son contact. La succession que l'on y observe est la même que dans le lambeau précédent. Des formations amphiboliques, cornes et porphyrites, représentent au col du Crapissot, sur la route de Cussy à Lucenay-l'Evêque, le passage du Frasnien. De part et d'autre, au Nord et au Sud (butte 590 m. et sommet au-dessus de la route d'Allye), se rencontrent des poudingues tournaisiens. Vers Vignerux et vers Allye affleurent des schistes psammitiques, gris verdâtre, à débris de plantes et traces de vers, qui peuvent être tournaisiens, mais qui ressemblent également aux schistes famenniens des environs de Chalmoux. La montée, au Sud de Cussy, de la route venant de la Petite Verrière (vieille route surtout) offre de fort beaux exemples de roches de métamorphisme au contact du granite ; ce sont des schistes psammitiques, plus ou moins gréseux, probablement tournaisiens, devenant micacés, maclifères et même feldspathisés, injectés par des filonnets de granite (types de métamorphisme par juxtaposition et par superposition).

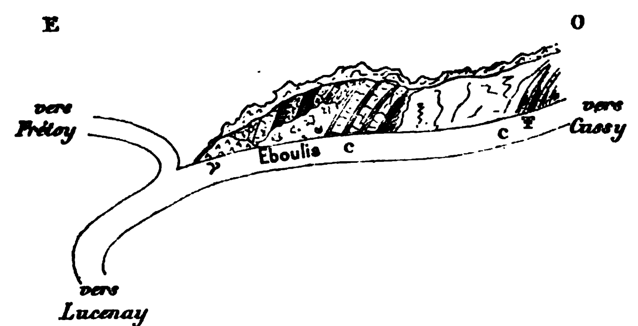


Fig. 23. — Route de Cussy à Lucenay-l'Evêque (au 2e chemin de Frétoy).

c. grès arkosiens à plantes (F), schistes et quartzites lustrés, γ. granite. Echelle 1.200e (hauteurs amplifiées 2 fois).

Enfin sur la descente de Cussy à Lucenay-l'Evêque, à environ 3 km. 1/2 de Cussy, au fond du premier grand redan de la route, on peut voir des bancs arkosiens alternant avec des schistes à plantes, rappelant ceux du Tournaisien inférieur de la région de Bourbon-Lancy ; ils passent à des quartzites blancs lustrés, contenant encore un banc de poudingues au contact du granite qui pointe à l'extrémité de l'affleurement (fig. 23).

11° et 12° *Région de Mortaise, les Petits-Jours, Visemoux, et de Ruisselle, Le Guidon, Le Lomont.* — Les formations sédimentaires anciennes sont de moins en moins disloquées par le granite à partir de la vallée du Ternin ; elles forment une bande qui va en s'amincissant vers l'Est, pincée entre les deux grands synclinaux de tufs viséens voisins. Le métamorphisme y est très intense sauf sur la bordure méridionale entre les Petits Jours, Mont-Regard et Visemoux, où les schistes psammitiques tournaisiens paraissent intacts.

Au centre de la bande, un prolongement du granite traverse le Ternin et s'avance vers l'Est jusqu'au sommet 541 m. (sur les Grands Jours). Les roches et terrains que j'ai rencontrés en recoupant la bande ancienne, au droit de Chissey, de Savilly et de Manlay, sont les mêmes que dans les flottements situés plus à l'Ouest. Au sommet 541 m. et sur le chemin qui monte des Petits Jours, j'ai trouvé des débris de diorites franches et de cornes amphiboliques, épidotifères et grenatifères ; aux Petits Jours, affleurent les poudingues tournaisiens métamorphisés à galets de quartz et de quartzites. Ces poudingues affleurent également à Saube près de Mortaise. Partout ailleurs ce sont des quartzites et des cornes feldspathisées.

13° *Les réapparitions sous le Secondaire au Passeux et au Sud de Suze.* — La bande ancienne, se prolongeant vers l'E. N. E , sous le mince manteau infraliasique et liasique qui s'élève lentement sous les contreforts orientaux du Morvan, réapparaît dans le fond des vallées affluentes de la rive droite de l'Arroux (vallée du Passeux et de la Suze). Quelques schistes, avec un passage de poudingues tournaisiens, affleurent au Passeux, disloqués par de larges filons de microgranulite.

Au Sud de Suze et dans les bois de Liseuil, ce sont des schistes micacés et maclifères, jouant avec quelques bancs de quartzites blancs métamorphisés.

Liaison entre les différents flottements de terrains primaires apparaissant dans la zone granitique Moulins-Engilbert, Manlay. Unité dans la succession des terrains qui les forment. Existence d'un anticlinal se suivant de Moulins-Engilbert à Manlay (N° V). — On est amené à concevoir la zone granitique Moulins-Engilbert, Manlay et les flottements de terrains primaires qu'elle supporte, comme formant un seul anticlinal (n° V) dont l'importance est comparable à celle de l'anticlinal n° II (Diou, La Roche-Millay) et dont la composition a été la même.

Au centre de la zone et formant un axe assez régulièrement jalonné et continu, nous avons rencontré des pointements de diorites et de diabases, accompagnées de porphyrites et de cornes amphiboliques (cornes de Montjoux, Grand-Ry, Sermages, diorites de la Comme, de Château-Chinon, des Rolins, de Vouchot, de Bussy et d'Anost, de Villebœuf, du Crapissot près de Cussy, du sommet 541 sur les Petits Jours). D'un regard jeté sur la carte au 320.000°, on peut aisément se convaincre qu'il s'agit bien là d'une seule traînée, embrassant dans un même ensemble les diorites, les porphyrites et les cornes amphiboliques et correspondant à l'existence d'un niveau anciennement calcaire, profondément métamorphisé par l'envahissement du granite. Les diorites franches ne se montrent qu'en

plein granite ; seules, les cornes amphiboliques, d'ailleurs plus rares, existent conjointement avec d'autres formations sédimentaires non entièrement digérées (Grand-Ry, Vouchot, les Petits Jours). Les porphyrites amphiboliques se groupent avec les cornes, notamment à Villebœuf et au Crapissot.

L'étude de l'anticlinal n° II, dans lequel j'ai démontré que les diorites, les porphyrites et les cornes amphiboliques proviennent vraisemblablement du métamorphisme de calcaires frasniens, d'autre part, l'identité de faciès des terrains qui s'étagent au-dessus de ces roches amphiboliques dans les deux anticlinaux n° II et n° V m'induisent à conclure que la traînée amphibolique, qui jalonne l'axe de ce dernier anticlinal, représente d'anciens calcaires vraisemblablement frasniens.

Des schistes famenniens, si développés au Sud de l'anticlinal n° II, il ne reste ici que des témoins rares et douteux, soit par suite de lacunes dans la sédimentation, soit par suite de leur érosion au Tournaisien, soit enfin par suite du métamorphisme de contact qui empêcherait de les distinguer des schistes tournaisiens immédiatement supérieurs. Néanmoins, il est vraisemblable que les cornes noires, feldspathisées, qui succèdent dans le lambeau de Montjoux, Grand-Ry, aux cornes amphiboliques, sont d'âge famennien. J'en dirai autant des schistes psammitiques, supérieurs aux cornes et diorites dans le lambeau du Vouchot, des cornes noires micacées et feldspathisées qui accompagnent les cornes amphiboliques du Crapissot, à l'Est de Cussy-en-Morvan et enfin de celles du chemin des Petits Jours au sommet 541 m.

A l'encontre de la formation précédente, les poudingues tournaisiens et les grès à plantes, les arkoses, les quartzites lustrés et les schistes qui les accompagnent se retrouvent dans presque tous les lambeaux, intacts ou métamorphisés et transformés en quartzites et en cornes.

Le cordon littoral de poudingues apparaît dans les lambeaux de Vouchot-les-Brenets, du Creux-Villebœuf, du Crapissot, de Saube et des Petits Jours, au N. et au N. E. de Lucenay-l'Evêque. Il forme une bande parallèle à l'axe dioritisé E. N. E., tantôt au Nord (Vouchot-les-Brenets), tantôt au Sud (les Petits Jours) de cet axe, tantôt des deux côtés à la fois (les Creux, Villebœuf, Crapissot).

Les bancs de poudingues les plus inférieurs sont toujours métamorphisés et ont une pâte souvent amphibolique (le Vouchot, Crapissot) ; ils sont analogues à ceux du Mont-Beuvray. Les bancs supérieurs sont quelquefois intacts (le Vouchot) et ont alors un ciment arkosien noir verdâtre qui les rapproche absolument du type des environs de Ternant. Lorsque ces bancs supérieurs sont métamorphisés, leur ciment passe à l'état de quartzite blanc et de corne micacée et feldspathisée, sans jamais devenir amphibolique.

Des grès arkosiens, noir verdâtre, accompagnent souvent les niveaux de poudingues, soit par interstratification, soit par passage latéral. Ces grès contiennent, à l'occasion, des restes de plantes, d'ailleurs peu instructifs (la Comme, le Vouchot, descente du Crapissot). Les schistes près de Vignerux, au Sud de Cussy, contiennent ces mêmes restes végétaux.

Au point de vue stratigraphique, les empreintes végétales, quoique indétermi-

nables, présentent un certain intérêt ; les quartzites blanc jaunâtre, à stratification conservée, qui forment le lambeau de la forêt d'Anost, celui des bois de Bussy et qui se retrouvent sur la descente de Cussy à Lucenay-l'Evêque, contiennent parfois ces mêmes empreintes ; ils sont une forme métamorphisée des grès et arkoses tournaisiens auxquels ils passent progressivement ; le contact des bancs schisteux et arkosiens et du granite que l'on rencontre dans la descente de Cussy à Lucenay en est une preuve convaincante (fig. 23).

Résumé sur la région Moulins-Engilbert, Manlay. — La disposition zonaire des formations, avec un axe frasnien et deux bordures famenniennes et tournaisiennes, caractérise un anticlinal, le n° V. On peut le suivre dans une direction N. E., ensuite E. N. E., depuis Moulins-Engilbert jusqu'à Manlay, sur environ 50 km. de longueur. La découverte des cornes amphiboliques de Montjoux, Grand-Ry, des diorites de la Comme, vers l'Ouest et de celles de Villebœuf, du Crapissot et des Petits Jours, vers l'Est, a grandement contribué à sa mise en évidence et s'est associée heureusement à celle des diorites que M. Michel-Lévy avait reconnues aux environs de Château-Chinon et d'Anost. Postérieurement à la confection des cartes de Château-Chinon et d'Autun, mon prédécesseur a établi, à propos de ses études sur le Lyonnais, que ces différentes formations amphiboliques proviennent de l'action exomorphe et endomorphe du granite sur les sédiments calcaires, et étendu au Lyonnais, au Beaujolais, au Morvan, à l'Auvergne, les conclusions qu'il a tirées de cette vue théorique. J'ai personnellement contribué à déterminer l'âge probablement frasnien de ces sédiments calcaires, transformés en cornes vertes, diorites, diabases et porphyrites amphiboliques, dans le Morvan et dans la Loire.

On remarquera l'appui utile qu'apporte, à la compréhension de l'anticlinal n° V, la connaissance du cordon des poudingues tournaisiens qui se retrouvent avec une continuité remarquable et des caractères constants, à de très grandes distances. Indépendamment de l'intérêt que présente cet anticlinal pour l'étude tectonique du Morvan, il offre un curieux exemple d'une voûte, plus ou moins plissée et surbaissée, de terrains sédimentaires, dont il ne reste que des témoins épars, respectés par l'érosion et incomplètement digérés par le granite. Il diffère par là de l'anticlinal n° II dans lequel la zone de métamorphisme correspond à une surface de contact du granite que les plissements ont rendue oblique et non parallèle à la surface érodée. Cependant, nous ne devons pas oublier que de nombreux indices nous ont prouvé que le granite n'est pas loin, en profondeur, au-dessous de cet anticlinal n° II ; quelques centaines de mètres d'érosion supplémentaire l'auraient probablement transformé en une région très semblable à celle de Moulins-Engilbert, Manlay.

4° Synclinal des tufs microgranulitiques du Frétoy, Ménéssaire, Bar-le-Régulier. Calcaires viséens de l'Huis-Prunelle et de Cussy-en-Morvan.

A l'E. N. E. de Château-Chinon, s'étend une aire synclinale, occupée principalement par des tufs microgranulitiques, limitée, au Sud, par la bordure de l'anticlinal précédemment décrit, au Nord, par une région de granite qui commence vers Frétoy, au N de Gien-sur-Cure et vers Blanot. Cette aire synclinale disparaît au S. E. de Château-Chinon par suite du relèvement des axes ; la région de Dommartin et de St-Hilaire est en effet composée uniquement de granite à grands cristaux. Sur la première édition de la feuille de Château-Chinon la zone, ainsi définie, embrasse des régions marquées non seulement en tufs et en microgranulites, mais aussi en granulite à mica noir (γ^2) que l'on peut considérer comme une forme de tufs particulièrement riches en débris de feldspaths. Telles sont les régions qui s'étendent entre l'Huis-Prunelle et Gien-sur-Cure, entre Ménessaire, Palaizot, Villiers et Blanot. Le contour en dents de scie engrenées, qui limite, sur l'ancienne carte, les tufs et la granulite à mica noir (γ^2) à l'Ouest de Ménessaire, montre nettement combien grande était la difficulté de distinguer ces deux formations qui passent en toutes proportions de l'une à l'autre.

Je signalerai sous le cimetière de Ménessaire une variété de tufs verts montrant, parallèlement à la schistosité, des parties enclavées plus foncées, surmicacées, à contours arrondis, mais sans épaisseur ; il s'agit peut-être là d'une brèche laminée.

Les tufs microgranulitiques contiennent à leur base, aux environs de Gien-sur-Cure et de Ménessaire, des schistes anthracifères, à *Stigmaria* et à *Lepidodendron*, du Dinantien.

C'est au milieu de variétés feldspathiques (ancien γ^2) de ces tufs, que se rencontrent deux gisements de calcaire, celui de l'Huis-Prunelle au S. O. de Gien-sur-Cure, et celui du vallon de Fayé près de Cussy ; ils sont fort réduits en étendue et apparaissent par failles.

1° *Gisement de l'Huis-Prunelle* : il est assez difficile à trouver, car il est exclusivement constitué par une excavation d'environ 8 m. de longueur et 1 m. de profondeur, ouverte à l'extrémité d'un champ, derrière la dernière maison des Roux, sur la rive droite du ruisseau qui se jette dans l'étang de l'Huis Prunelle ; il n'a été que rarement exploité ; le calcaire y est finement cristallin, gris bleuté, traversé par des veinules de calcite blanche, remplissant les nombreuses cassures qui l'ont fragmenté. Il est en bancs dirigés N. 95° E. avec pendage N. de 40°. Il fut, pour la première fois, signalé par M. Michel-Lévy [34 p. 940] en 1879 et comparé ainsi que celui de Cussy au calcaire dévonien de Diou, Gilly. On n'y avait, jusqu'alors, trouvé aucun fossile. En plaques minces, j'y ai découvert des restes indubitables de Foraminifères (*Endothyra*, sp.) et de tiges d'encrines. Malgré la mauvaise conservation des Foraminifères, ils permettent cependant

de paralléliser, avec certitude, le calcaire de l'Huis-Prunelle avec celui de Cussy.

2° *Gisement de Cussy-en-Morvan* : Sur le flanc droit du petit vallon qui descend du haut de Montloiron vers Fayé, à environ 2 km. au N. E. de Cussy, apparaît un gisement de calcaire, formant placage sur 10 m. de haut, contre les tufs viséens riches en feldspaths. Une carrière y fut autrefois ouverte (en 1859 d'après M. Delafond), et un four à chaux construit; carrière et fours ont aujourd'hui abandonnés. L'exploitation a été assez considérable pour épuiser presque entièrement l'esquille calcaire ; elle a rejoint au fond de la carrière, au S. E. et au S. O., les tufs feldspathiques, ou du moins des brèches de ces mêmes tufs. Le calcaire est donc limité vers le Sud par deux failles verticales N. E. et O. N. O., formant un angle obtu entre elles ; au Nord, il a été entamé par l'érosion du vallon. Partout apparaissent de nombreuses traces de frictions.

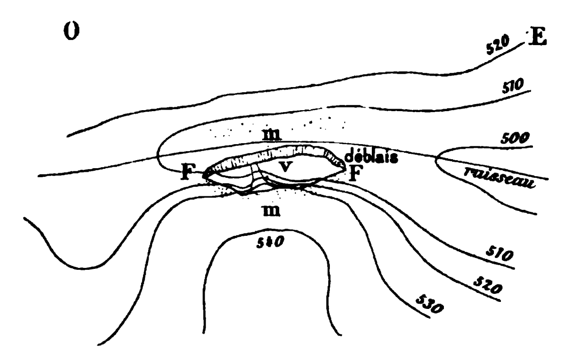


Fig. 24. — Carrière de calcaire viséen, au milieu des tufs microgranulitiques, dans le vallon de Fayé, près Cussy-en-Morvan (en plan).

m. tufs microgranulitiques viséens, v. calcaire viséen à Foraminifères, F. failles. Echelle 2.000ᵉ, équidistance des courbes de niveau 10 m.

Le calcaire est gris foncé et se trouve à l'état de brèche, mélangé à des cailloux roulés et à des fragments aigus de tufs ; il rappelle le niveau des calcaires viséens, entremêlés de poudingues, qui couronne le sommet des carrières de Néronde, dans la Loire. On peut y distinguer trois faciès différents :

1° Un calcaire gris bleuté fin, compact, à cassure fétide, où les restes organisés ont été presque entièrement effacés par une calcification secondaire. Des grains de quartz y apparaissent. C'est de beaucoup le plus abondant.

2° Un calcaire plus spathique, souvent rubéfié ou verdi, qui porte, sur les surfaces usées par les eaux, des traces de tiges d'encrines. Ses débris très décomposés montrent des restes de *Cyathophyllum*, sp., de *Chonetes*, sp., et de *Spirifer*, sp. Au microscope, il se montre pétri de restes organisés : Bryozoaires, tiges d'encrines, Foraminifères (*Saccamina*, sp., *Cribrospira*, sp. *Endothyra*, sp.).

3° Un calcaire pisolithique (à pisolithes clairs sur fond gris), dans lequel le microscope décèle des pisolithes sphériques ou ellipsoïdaux, à accroissements

réguliers autour d'un ou de plusieurs centres, généralement formés par des débris organisés (Foraminifères) ou par des grains de quartz. Ce calcaire est identique au calcaire pisolithique de la Forêt-Thizy ou de Montagny, dans la Loire; dans ces derniers gisements se trouvent de bien plus beaux exemples de pisolithes, formés autour de Foraminifères, principalement d'*Endothyra*.

Collenot, dans sa description géologique de l'Auxois [12, p. 56], a, le premier, signalé le gisement de Cussy. Il y indique d'abord l'existence d'un *Cyathophyllum* et en fait du calcaire dévonien analogue à celui de Diou, Gilly ; mais après consultation de M. de Fromentel qui vit dans son *Cyathophyllum*, un *Lophophyllum*, il rectifie ses premières conclusions et en fait du Carbonifère [12, p. 154].

En 1879, M. Michel-Lévy, considérant le gisement de Cussy comme traversé et disloqué par sa granulite à mica noir (γ^2), lui attribue un âge dévonien.

En 1885, M. Stanislas Meunier [47, p. 921] y trouve quelques Foraminifères appartenant aux genres *Saccamina* Sars., *Cameroconus* St-Meun., *Climaccamina* Brady, *Endothyra* Phill., *Septammina* St-Meun., *Archædiscus*, Brady; il annonce en outre, qu'il y a trouvé quelques échantillons de Fusulines; il en conclut que le calcaire de Cussy est viséen. Revenant sur la question en 1888 [60, p. 232], il donne quelques dessins et des descriptions de ses Foraminifères, en omettant toutefois les Fusulines qu'il passe sous silence.

En 1896, Julien [79] y détermine le *Cyathophyllum multiplex* Keyserl., et en conclut à l'âge tournaisien.

Mes propres recherches m'ont démontré l'entière analogie des calcaires de l'Huis-Prunelle et de Cussy avec les calcaires viséens de la Loire. J'ai trouvé à Cussy un *Cyathophyllum* mais sans pouvoir en déterminer l'espèce, l'échantillon étant médiocre ; les plaques minces m'ont fourni des Foraminifères ; j'en ai déterminé seulement quelques genres (*Saccamina*, *Nodosinella*, *Cribrospira*, *Endothyra*) ; je pense que les *Septammina*, figurés par M. Stanislas Meunier sont le groupement d'*Endothyra* accolés à des éléments de Bryozoaires; je n'ai trouvé aucune Fusuline.

Les données paléontologiques sont donc assez restreintes. Cependant l'existence des mêmes sections de Foraminifères dans les plaques minces du calcaire de Cussy et dans celles des calcaires viséens de la Loire où je les ai partout retrouvées, suffit à établir la conviction que le gisement de Cussy est viséen. La similitude de faciès des calcaires fétides, souvent associés à des poudingues, de Cussy et de la Loire, l'identité des types pisolithiques de Cussy et de Montagny ne pouvaient qu'affermir cette conviction. J'ajouterai que le Tournaisien ne se présente nulle part, là où il est largement développé, dans le Morvan, sous forme de calcaires compacts mais seulement sous forme de schistes et de grès peu calcarifères ; or, aucune trace de ces formations n'existe ni à Cussy, ni à l'Huis-Prunelle, et il n'eut pas été naturel de trouver brusquement à une assez faible distance du Tournaisien authentique, qui apparaît tout près dans les lambeaux de l'anticlinal n° V, un faciès entièrement nouveau. J'ai démontré d'autre part que le métamorphisme intéressait, dans le Morvan, le Tournaisien, mais s'arrêtait à lui ; les lambeaux de Cussy et de l'Huis-Prunelle sont situés dans

une région où le granite a digéré presque tout le Tournaisien et n'en a laissé subsister que de rares flottements toujours métamorphisés ; or, les lambeaux de Cussy et de l'Huis-Prunelle sont indemnes de tout métamorphisme. Ce nouvel argument pour leur âge viséen, me paraît convaincant. Ils sont interstratifiés à la base des tufs microgranulitiques.

Nous verrons dans un prochain chapitre que la base de ces mêmes tufs est formée, dans la Loire, par des alternances de calcaires viséens fossilifères, d'arkoses tuffacées, de poudingues à galets de calcaire (coupe de la route de Tarare à Montagny). Cet ensemble de formations rappelle celui des deux gisements de calcaires viséens du Morvan.

Mais l'argument le plus probant est encore dans la détermination de l'âge de la montée du granite dans les deux faisceaux synclinaux (Morvan, Loire). Les poudingues du Viséen de la Loire contiennent fréquemment des galets de granite comme M. Michel-Lévy l'a signalé dans la vallée de l'Azergue (feuille de Bourg). Les poudingues tournaisiens de la région sont au contraire très métamorphisés (Montagny, Valsonne), comme dans le Morvan.

Nous pouvons donc conclure à l'identité de gisement des calcaires de l'Huis-Prunelle et de Cussy avec les calcaires viséens de la Loire. Faciès pisolithiques tout à fait analogues, Foraminifères communs, postériorité au granite immédiatement antérieur, tout milite en faveur de l'âge viséen de ces deux points si intéressants qui terminent l'assimilation du Morvan et de ses tufs avec la Loire. Julien a donc eu raison d'attribuer au Tournaisien la majeure partie des gisements carbonifères fossilifères du Morvan ; mais les conclusions tectoniques qu'il a voulu en déduire, mouvement de bascule autour du géosynclinal permien Blanzy-Bert, âges différents du début des tufs microgranulitiques du Morvan et de la Loire, me paraissent manquer absolument de fondement.

Plissements anticlinaux secondaires avec apparition du Tournaisien. — Au milieu du synclinal de tufs viséens que nous parcourons, apparaissent, grâce à des plis anticlinaux secondaires, très pincés, des lambeaux tournaisiens en bandes étroites, allongées dans une direction régulièrement E.-O. On traverse ainsi trois plissements entre les parallèles de Chissey et de Brazey ; ce sont :

1° Celui qui passe au Sud de Ménessaire et sur la route de Chissey à Villiers (en face de « Comme Grain »).

2° Celui de Palaizot, Villiers.

3° Celui de Brazey, Vianges.

1° Sur la route de descente du Signal de Gien à Ménessaire (redan du ravin de Ménessaire) et d'autre part sur la route de Ménessaire à Cussy, après le château, affleurent des grès tachetés et micacés et des quartzites à cassure brillante (chemin de la Croix au ruisseau), qui rappellent ceux de l'anticlinal n° V. Les bancs schisteux à anthracite avec flore du Culm qui sont à la base des tufs viséens, au S. O. de Ménessaire, viennent au-dessus de ces quartzites tournaisiens (un essai d'exploitation d'anthracite fut tenté sans succès, il y a 40 ans).

Sur la prolongation vers l'Ouest du pli pincé de Ménessaire, j'ai trouvé sur la route de Chissey à Villiers, en face du vallon de « Comme Grain », un passage

de Tournaisien (sur 100 m. de large), composé de schistes psammitiques, de grès blancs quartziteux, de poudingues à pâte arkosienne noire et de cornes feldspathisées.

2° Dans la montée de Palaizot à la butte 534 m., on recoupe au milieu des tufs très feldspathiques, de minces bancs de quartzites, de cornes feldspathisées et de poudingues tournaisiens métamorphisés. J'ai retrouvé ces mêmes bancs sur la rive droite du Ternin, en face de Palaizot, sur la route nationale de Chissey à Saulieu, au-dessus de Vauchezeuil, enfin à l'Ouest de Villiers.

3° De Villiers à Brazey-en-Morvan, la route remonte un vallon, entaillé dans les tufs feldspathiques ; 500 m. avant la station de Brazey, elle recoupe un lambeau tournaisien composé de schistes noirs psammitiques avec débris de poudingues et de coulées interstratifiées d'un orthophyre vacuolaire qui rappelle tout à fait celui de la Forge de la Loge, près de Ternant.

Le ruisseau des Chevannes, affluent du Liernais, creuse la première partie de son cours au milieu de ce lambeau tournaisien, prolongé vers l'Est. La route de Brazey à Vianges montre de beaux affleurements des mêmes formations sur la rive gauche de ce ruisseau.

Orthophyres, obsidiennes perlitiques et tufs orthophyriques de Bar-le-Régulier. — Sur la bordure septentrionale des tufs microgranulitiques apparaît, sous l'auberge de Bar-le-Régulier et jusqu'à la grande route, une formation d'orthophyres assez vitreux pour que plusieurs plaques minces aient encore montré la structure perlitique. C'est la réapparition, tout à fait à l'Est, des formations éruptives que nous avons appris à dater à la Vieille-Montagne et aux environs de Savigny-Poil-Fol. On sait que des roches similaires s'y intercalent dans le Tournaisien. Il faut aussi les rapprocher des orthophyres qui, à Vianges, s'associent à un lambeau de schistes et de poudingues tournaisiens.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL SUR LE FAISCEAU SYNCLINAL DU MORVAN

En résumé, deux grands anticlinaux peuvent être suivis d'un bout à l'autre du Morvan.

Celui que nous avons classé sous le n° II, va de Gilly à la Grande-Verrière, apres avoir successivement fait affleurer le Frasnien et le Famennien fossilifères; il est accompagné par les poudingues et les quartzites tournaisiens de l'Est.

A l'Ouest, et en tout comparable au précédent, nous avons suivi l'anticlinal n° V de Moulins-Engilbert à Manlay. Ces deux anticlinaux sont jalonnés par des diorites, porphyrites amphiboliques et cornes vertes dont les nombreux affleurements sporadiques s'allongent, avec évidence, suivant le tracé de ces lignes tectoniques.

L'un, comme l'autre, nous montre avec une netteté surprenante que la montée et la mise en place du granite se sont effectuées entre le Tournaisien et le Viséen, et que le manteau de schistes paléozoïques, encore conservés, est très mince et ne dépasse pas le Frasnien en profondeur.

Le dernier synclinal étudié me paraît avoir fait la lumière sur l'existence de quelques calcaires viséens dans le Morvan central et sur leur identité avec ceux de la Loire.

Quant au Tournaisien fossilifère, respecté par le métamorphisme à l'Ouest, vers Ternant, l'étude attentive de sa faune en fait vraisemblablement un terme déjà élevé de la série tournaisienne.

Les sorties éruptives ont commencé dès le Famennien avec des tufs et des roches éruptives albitophyriques ; l'étude pétrographique et chimique les éloigne du granite de type moyen de la région : elles sont beaucoup plus riches en soude que ce dernier. Au contraire, les orthophyres obsidienniques tournaisiens, dont les types vitreux, à structure perlitique encore apparente, s'échelonnent si nettement de Boucharin à la Vieille-Montagne et à Bar-le-Régulier, se rattachent franchement à la famille du granite de Luzy; il en est de même des tufs viséens microgranulitiques, des microgranulites, des porphyres pétrosiliceux et des lamprophyres des bords du bassin d'Autun.

La continuité dans la sédimentation ne commence à s'interrompre qu'au sommet du Famennien, avec l'apparition de grès dans les schistes. Ils sont les précurseurs des poudingues du Tournaisien. Mais c'est avec la montée du granite que s'accuse une discordance de transgressivité possible entre les tufs viséens et les formations précédentes, qui ont déjà subi de puissantes érosions avant la projection et le dépôt des tufs microgranulitiques. Toute l'histoire du dernier synclinal étudié milite en faveur de cette hypothèse.

Les axes tectoniques N.-S. vers Bourbon-Lancy, puis N. N. E vers Saint-Honoré, E. N E. après Château-Chinon et enfin E.-O. aux environs de Bar le-Régulier, ont subi plusieurs affaissements et soulèvements transversaux (mouvements épirogéniques). La région comprise entre la Loire et l'Alène est une région surélevée dans laquelle les formations dévoniennes prennent leur maximum de développement. Le passage de la vallée de l'Alène, que suit le chemin de fer de Luzy, est une région d'affaissement et de torsion, surtout dans la partie occidentale. La région de Champ-Robert et du Puits et son prolongement au N. O., vers Château-Chinon, constitue une zone de surélévation à laquelle succède une zone d'affaissement, terminale vers l'Est, puis enfin une dernière zone de surélévation qui ne laisse plus affleurer que les granites de Molinot et d'Arnay-le-Duc.

CHAPITRE II

VESTIGE D'UN NOUVEAU FAISCEAU SYNCLINAL (BLANZY-BERT) SUR LA BORDURE DU MASSIF GRANITIQUE DE LUZY, AU S. E. (SAINT-LÉON, LE-CREUSOT).

La région, qui s'étend au S. E. du massif granitique de Luzy, est en grande partie occupée par le géosynclinal permo-houiller de Blanzy-Bert ; ce géosynclinal forme une zone N. E. de 12 à 15 km. de largeur, régulièrement limitée par des failles importantes qui amènent en contact le Permien et le granite de Luzy vers le N. O., les terrains gneissiques de Palinges, Mont Saint-Vincent et Châtel-Moron, vers le S. E.

Malgré cette couverture permienne, on peut reconnaître l'existence d'un nouveau faisceau synclinal hercynien séparant les deux aires granitiques anticlinales de Luzy et du Charollais, d'abord à l'existence de la bande gneissique de Palinges, Châtel-Moron, sur le bord de laquelle subsistent à Saint-Julien-sur-Dheune et vers Saint Bérain, deux minces esquilles de schistes dévoniens ou dinantiens conservés (bordure S. E. du géosynclinal permien), et aussi à l'existence de deux lambeaux plus vastes de terrains paléozoïques sur la bordure S. E. du massif granitique de Luzy et, par conséquent, sur la bordure N. O. du géosynclinal permien. Il ne faudrait pas croire d'ailleurs que les terrains paléozoïques constituent partout le fond du bassin d'effondrement ; il s'agit bien là d'un faisceau synclinal et non d'un seul synclinal ; le sondage de Charmoy, au milieu même de l'effondrement, a montré, à 900 m. de profondeur, le contact direct du Permien avec la granulite [81].

Je m'arrêterai à l'étude des deux lambeaux de bordure dont les formations se rapprochent de celles rencontrées dans le faisceau synclinal du Morvan. L'un, celui de Saint-Léon, est situé franchement au S.O., constituant le premier contrefort septentrional de la chaîne du Forez, entre les vallées de la Loire et de l'Allier ; l'autre se trouve à assez grande distance de ce dernier, vers le N. E., entre Montcenis et le Creusot. Le premier flotte sur une réapparition du massif granitique de Luzy, séparée de ce dernier par un détroit qui a admis l'Aquitanien et dans lequel coule actuellement la Loire ; le second est appuyé sur la retombée même du massif de Luzy, vers le S. E.

Lambeau de Saint-Léon, Châtel-Perron. — Les formations de ce lambeau

ont fait l'objet d'une note de M. Michel-Lévy [38] qui a marqué une étape considérable dans l'étude du métamorphisme granitique. C'est en effet dans la carrière du Châtellier, au Nord de Saint-Léon, que furent recueillis, au contact même du granite, les échantillons de schistes métamorphisés dans lesquels il découvrait les types de feldspathisation par juxtaposition et superposition, aujourd'hui classiques.

Sur la feuille de Charolles, publiée en 1892, M. Michel-Lévy a tracé les contours des différentes formations avec une absolue précision, en particulier ceux du granite, ceux de la bande calcaire, ceux des quartzites blancs.

Je n'apporterai de données nouvelles qu'au point de vue des âges à attribuer aux différentes formations et à celui du métamorphisme qui est plus étendu que ne l'avait indiqué mon devancier, puisqu'il intéresse le lambeau dans son entier. Je signalerai également l'existence, dans les schistes de Saint-Léon, du chloritoïde, minéral non encore reconnu dans le Plateau Central.

La succession, autrefois établie, était la suivante : au N. O. du lambeau, le granite, souvent amphibolique, formait le soubassement du Précambrien supposé ; ce granite affleure en grand dans les environs de Châtel-Perron, mais n'apparaît que dans le fond des vallées, très caché sous le revêtement de terrains tertiaires (vers Marcellange et Coulon).

Une grande bosse de granite, non amphibolique, apparaît autour de Sorbier, au Sud du lambeau, en coin au milieu des bandes paléozoïques qui viennent du N. E. ; la feuille de Charolles y indique des contacts par faille ; je crois au contraire que les couches s'enfoncent dans le granite ; elles sont en effet très métamorphisées au contact.

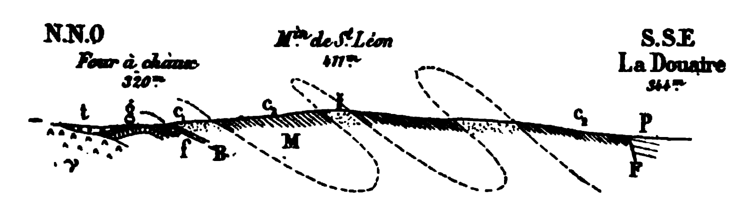


Fig. 25. — Coupe de St-Léon à la Douaire.

t. revêtement argilo sableux, p Saxonien, c. Tournaisien, 1. quartzites, grès blancs arkosiens métamorphisés, 2. schistes noir verdâtre ou gris, métamorphisés (M. chloritoïde, andalousite), f. schistes micacés et feldspathisés famenniens ? g. calcaire marmorisé, schistes amphiboliques, frasniens, γ. granite à amphibole, F. faille, B. brèche de friction. Echelle 30.000e.

M. Michel-Lévy distinguait au-dessus du granite : un Précambrien formé par les schistes micacés, maclifères et feldspathisés (une bande de marbre siliceux, contenant une lentille de schistes amphiboliques à la carrière de Saint-Léon, y est interstratifiée sur plus de 10 km. de long) ; au-dessus de ce Précambrien, une série d'assises, particulières au lambeau de Saint-Léon (grès et quartzites blancs avec petits caillous roulés de quartz et de schistes maclifères, puis schistes satinés, parfois très chargés de graphite).

Voici les conclusions auxquelles m'a conduit l'étude du lambeau de Saint-Léon: les quartzites et poudingues blancs et les schistes, souvent graphiteux, de la partie supérieure doivent être parallélisés avec les schistes et quartzites de la base du Dinantien, que l'on trouve entre Perrigny et Luzy, sur la bordure du granite de Luzy. Ce sont des faciès spéciaux, dus au métamorphisme du granite.

Les quartzites blancs se rencontrent suivant deux bandes; celle de l'Est est dirigée N. S, allant de Beaury à « le Seu » en passant par le sommet 406 à l'Ouest de Montperoux; celle de l'Ouest est très développée au Nord et à l'Ouest de « Le Puy » (points 375 et 442) et se retrouve vers Bois-Rosier et le Colombier. Ces quartzites sont constitués par des grains de quartz assez fins, nourris de quartz secondaire et reliés par un ciment siliceux; ils contiennent fréquemment des débris de feldspath kaolinisé, parfois des débris charbonneux qui leur donnent une couleur noire. Ils se chargent de mica blanc dans la bande voisine du granite et contiennent, sur le chemin du cimetière de Saint-Léon aux Lorrains, de la pyrite, en abondance; ils rappellent alors absolument les quartzites des environs de Chiseuil. Je n'ai pu retrouver les poudingues à petits galets de quartz et de schistes maclifères, que M. Michel-Lévy signale à leur base, qu'en débris dans les champs du hameau des Thomas où les affleurements sont aujourd'hui très mauvais. Je crois que ces poudingues ont, en entier, subi le métamorphisme du granite comme les poudingues des bois de Luzy; ce métamorsphisme est plus saisissable dans les galets de schistes, devenus maclifères, que dans la gangue quartziteuse, simplement chargée de quartz secondaire et de mica blanc.

Les schistes, compris entre les deux bandes de quartzites ou situés à l'Est et à l'Ouest, peuvent tous rentrer dans la catégorie des schistes psammitiques, noir verdâtre, dinantiens ou famenniens du Morvan; ils sont plus ou moins charbonneux et ne paraissent nulle part exempts de métamorphisme; aux environs de Montperoux, à l'opposé du massif granitique de Châtel-Perron, je les ai trouvés maclifères et micacés; sur le chemin de Beaury (point 328) ils contiennent de beaux cristaux d'andalousite; entre les deux bandes de quartzites (le Puy, le Moulin-à-Vent, la Faye, les Villards, les Marines), ils sont également micacés et maclifères; à l'Ouest de la butte du Moulin-à-Vent (411 m. au S. O. de Saint-Léon), dont le sommet est constitué par une réapparition de quartzites blancs, les schistes sont très graphiteux et se chargent d'andalousite, en cristaux bien formés et de chloritoïde en losanges, visibles à l'œil nu. Au voisinage immédiat du granite, les schistes sont micacés, maclifères et feldspathisés.

La couche calcaire, puissante d'environ 40 m. qui se suit très régulièrement sur environ 10 km. de long, depuis les Gouttes-Pommiers jusqu'au Colombier (carrières du Moulin-de-la-Roche, des Thomas, de Saint-Léon, de l'étang de Bois-Rosier, du Colombier) est constituée par un marbre blanc très cristallin, dans lequel on ne peut déceler ni à l'œil nu, ni au microscope, de traces de fossiles; par sa situation stratigraphique, inférieure aux quartzites et aux schistes d'apparence tournaisienne ou famennienne et par l'absence de discordance manifeste, elle se place à un niveau vraisemblablement dévonien supérieur. Le

métamorphisme s'y est principalement traduit par une marmorisation générale, et, localement, par la production d'amphibole dans les couches schisteuses immédiatement voisines (carrières de Saint-Léon) ; c'est à la digestion de semblables niveaux calcaires, récurrents plus à l'Ouest, que l'on peut attribuer la naissance du granite à amphibole de Châtel-Perron.

La direction moyenne des couches est N. N. E. ; leur pendage se fait généralement vers l'Est; toutefois, les couches de la carrière de St-Léon pendent vers l'Ouest.

Au point de vue tectonique, la bande calcaire dévonienne paraît jalonner un anticlinal; les quartzites et schistes dinantiens, situés au S. E., dessinent une aire synclinale plissée. L'existence sous les murs du cimetière de St-Léon, au milieu des schistes micacés et maclifères, en couches pendant d'environ 50° vers l'Est, d'une brèche contenant des débris assez fins de quartzites, d'arkoses et de schistes maclifères, indique le passage de frictions tangentielles et vient à l'appui de l'hypothèse d'un charriage important. Le lambeau paléozoïque de St-Léon apparaît donc comme composé de formations dévoniennes et dinantiennes, tout entières métamorphisées, sur la bordure S. E. du massif granitique de Luzy.

Le fait le plus important, que j'ai cherché à mettre en lumière, est que les quartzites subissent localement l'influence métamorphisante évidente de la granulite et deviennent tout à fait comparables aux quartzites de Chiseuil. Quant aux schistes, qu'ils soient supérieurs aux quartzites ou voisins de la bande de marbre, ils contiennent partout les traces du métamorphisme du granite : mica noir secondaire, chiastolite et andalousite en cristaux bien formés, chloritoïde, etc. La feldspathisation y est admirable, comme l'a montré M. Michel-Lévy, au Châtellier, aux Ecures, etc. Malheureusement la carrière du Châtellier est maintenant éboulée et recouverte de végétation.

La couche de marbre de St-Léon est une de celles que l'on peut suivre sur la plus grande longueur ; reconnue sur environ 10 kilomètres de long, elle a montré, à St-Léon même, le passage du calcaire aux amphibolites et à des roches dioritiques. On exploite encore au voisinage des Gouttes-Pommiers, à son contact avec les filons de quartz, abondants dans le pays, le minerai de manganèse. Ces filons, de l'âge des arkoses triasiques, très rectilignes et très prolongés, montrent, ici encore, leurs principales caractéristiques : richesse en pyrites de fer, émigrant, à leur salbande, dans les schistes voisins et s'oxydant en chapeau de fer, à la surface (les gisements superficiels d'hématite ont été généralement exploités par le Creusot) ; précipitation de minerai de manganèse au contact des calcaires, aux Gouttes-Pommiers, comme à Champ-Robert.

Lambeau de Montcenis, le Creusot. — Au N. O. du Creusot, le massif granitique d'Antully, prolongement vers l'Est de celui de Luzy, présente en bordure du géosynclinal permo-houiller de Blanzy-Bert, un lambeau de terrains paléozoïques conservés. M. Delafond s'exprime ainsi à son sujet, dans un important ouvrage de topographie souterraine publié en 1902 : « Le gisement houiller du Creusot « forme un golfe qui pénètre profondément dans une formation de schistes et « quartzites, classés jusqu'à nouvel ordre comme Dévonien » [96, 1, p. 92].

C'est qu'en effet, dans la première édition de la feuille d'Autun, M. Michel-Lévy y avait distingué, en 1879, une puissante masse de schistes et de quartzites dévoniens, reposant au Nord sur une mince couche de schistes maclifères précambriens (*x*).

L'étude du lambeau m'a conduit aux constatations suivantes. Sur sa bordure S. O. que longe la route du Creusot à Marmagne, durant les deux premiers kilomètres, affleurent des schistes gris verdâtre foncé, psammitiques (dirigés N. 60 à 65° E. avec pendage de 20° vers le S. E.), contenant quelques intercalations gréseuses ou tuffacées, qui rappellent les schistes famenniens des environs de Bourbon-Lancy.

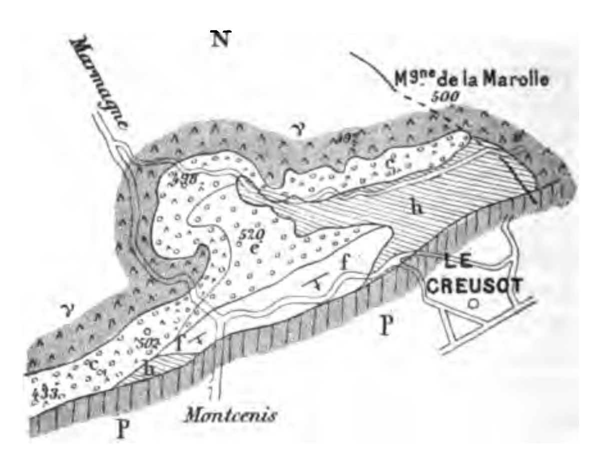


Fig. 26. — Environs du Creusot, au N. O. (en plan) ; extension du Tournaisien et du Famennien.

p. Saxonien, h. Stéphanien, c. Tournaisien, poudingues et schistes, c_1 les mêmes métamorphisés, f. Famennien, schistes psammitiques, γ. granite. Echelle 65.000°.

En remontant perpendiculairement à cette première direction, c'est-à-dire vers le N. N. O., à la butte 520 m. à l'Ouest des Alouettes, ou à la butte 502 m. au N. O. de Montcenis, on voit les couches schisteuses s'enrichir en bancs gréseux et supporter des assises de poudingues à galets de quartzites lustrés et de quartz et à pâte quartziteuse, d'un faciès absolument analogue à celui des poudingues tournaisiens, si fréquemment rencontrés dans le faisceau synclinal du Morvan. Ces poudingues forment une zone N. 60° à 70° E., qui, plus ou moins mélangée de niveaux schisteux interstratifiés, occupe toute la surface du lambeau paléozoïque, dans sa partie centrale et septentrionale. Ils se retrouvent, en effet, vers l'extrême pointe du lambeau, à l'Est, dans la montagne de la Marolle, vers le Nord, à la Croix du Lot et vers le S. O. à la Châtelaine, sur la route de Montcenis à Prix.

Le métamorphisme est très prononcé sur toute la lisière du lambeau, le long du granite ; il y forme des schistes micacés, maclifères et feldspathisés et des

poudingues métamorphisés. La figure 27 est une coupe N. N. O.-S. S. E. transversale au lambeau, passant entre la butte des Alouettes et la butte 520 ; elle montre la position du flottement paléozoïque, plongeant légèrement vers le S. E. et venant s'enfoncer au Nord dans le granite des sommets 500 et 492 de la montagne de la Marolle ; elle indique combien le granite est proche en profondeur ; il affleure, en effet, suivant une petite bosse au milieu des poudingues feldspathisés, sur la route du Creusot à Vaumorlin, en haut du hameau des Riaux. La route de Marmagne, au N. O. de la croix de mission de Montcenis, est également instructive à ce sujet ; le granite affleure le long du ruisseau qu'elle longe, alors que les hauteurs, à l'Est, sont garnies par les poudingues métamorphisés.

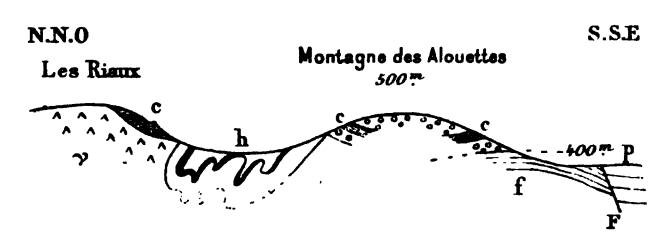


Fig. 27. — Coupe à l'Ouest du Creusot (entre la butte des Alouettes et le sommet 520).

p. Saxonien, h. Stéphanien, c. Tournaisien, poudingues et schistes métamorphisés vers le granite, f. Famennien, schistes psammitiques, γ. granite, F. faille. Echelle 20.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

En résumé, le lambeau paléozoïque qui s'étend dans une direction N. 60° E. au N. O. du Creusot, comporte une base schisteuse, probablement famennienne, surmontée par des poudingues tournaisiens, largement développés au N. O., contenant des alternances schisteuses ; l'ensemble flotte sur le granite qui y a formé une auréole de terrains métamorphisés.

Des filons de microgranulites et de porphyrites micacées (N. 115° E.) y sont abondants, en particulier sur la route de Marmagne.

Le lambeau de St-Léon fait-il réellement partie du faisceau synclinal de Blanzy-Bert? — Le lambeau paléozoïque du Creusot semble bien appartenir au nouveau faisceau synclinal hercynien, dont l'existence est nettement prouvée par la présence de la vaste zone gneissique, allongée du S. O. au N. E. entre Paray-le-Monial et Givry, au N. O. du massif granitique du Charollais.

Mais en est-il de même du lambeau de St-Léon ? Ce dernier pourrait aussi bien être considéré comme situé sur le prolongement du faisceau synclinal du Morvan ; les terrains que l'on y rencontre, marbre dévonien, quartzites blancs, schistes maclifères tournaisiens ont la même direction N. N. E. et les mêmes faciès que le Dévonien et le Tournaisien qui terminent, entre Gilly et Perrigny, le faisceau synclinal du Morvan. La couche très continue de marbre de St-Léon ne paraît-elle pas la prolongation naturelle des calcaires de Diou, Gilly ou de ceux de Fontête, la Vallée ? Le pendage des couches vers le S. E. loin d'être un

argument contre cette hypothèse, la confirmerait plutôt. Nous avons vu, en effet, que les quartzites des environs de Chiseuil plongent également vers l'Est, venant s'enfoncer dans le granite de Luzy.

Quant à la présence d'un grand massif granitique, s'annonçant au N. O. du lambeau, par les affleurements de Châtel-Perron et de Marcellange, elle ne prouve pas absolument la prolongation dans cette direction de l'aire anticlinale granitique de Luzy. Elle pourrait simplement correspondre aux bosses de terrains métamorphisés, situées au Nord des carrières de Gilly et autour de Bourbon-Lancy, qui indiquent une remontée du granite sur la bordure occidentale du faisceau synclinal du Morvan en cette région.

Quelques arguments, par contre, viennent à l'appui de l'hypothèse inverse, plaçant le lambeau de St-Léon sur la prolongation du faisceau synclinal de Blanzy-Bert. La réapparition du géosynclinal permien, au Nord-Est, coïncide en direction avec ce faisceau synclinal hercynien et semble avoir choisi son emplacement pour se former ; la situation du lambeau de St-Léon est assez semblable à celle du lambeau du Creusot ; tous deux bordent l'affaissement permien ; toutefois la direction des terrains paléozoïques est parallèlle aux plis permiens dans ce dernier, non dans le premier où elle est plus N.-S. L'existence d'un lambeau de gneiss à l'Ouest du Donjon, sur la bordure S. E. du Permien de Bert, qui constitue le prolongement évident du faisceau gneissique de Palinges, Mont-St-Vincent, prouve le passage du faisceau synclinal Blanzy-Bert en cet endroit.

Il est possible de concilier les deux hypothèses de la manière suivante : supposer le massif granitique de Luzy formant une vaste lentille fermée au S. O. ; le faisceau synclinal du Morvan se rapprocherait beaucoup du faisceau synclinal Blanzy-Bert dans la région de St-Léon, le Donjon, par abaissement des axes tectoniques de l'aire anticlinale granitique de Luzy. Le lambeau de St-Léon appartiendrait à l'un des anticlinaux I ou II du premier faisceau ; le gneiss du Donjon appartiendrait au deuxième faisceau.

CHAPITRE III

FAISCEAU SYNCLINAL DE LA LOIRE (Pl. VII)

Le faisceau synclinal de la Loire se développe sur la bordure Sud des massifs granitiques du Charollais et du Forez septentrional et forme, par l'association de lambeaux discontinus de terrains antérieurs au Stéphanien, un ensemble tectonique remarquable pour la connaissance des plissements hercyniens du Plateau central.

Données antérieurement acquises. — Les travaux de Jourdan et de Verneuil, ceux de Fournet, ceux de Murchison (1849-1851) avaient établi l'âge carbonifère des calcaires supérieurs, rencontrés dans certains de ces lambeaux; Grüner (1857) [10] apporta une large contribution à leur étude stratigraphique en montrant la superposition des grès anthracifères du Roannais sur les calcaires carbonifères. Il groupait les terrains de transition en trois systèmes discordants les uns sur les autres :

Groupe calcaréoschisteux ;
Groupe quartzoschisteux ;
Substratum gneissique.

Julien, en 1896, apportait de la précision dans la fixation de l'âge viséen des calcaires carbonifères, par la publication de recherches paléontologiques depuis longtemps poursuivies [79].

Mais c'est à M. Michel-Lévy que l'on doit la connaissance de la véritable structure de cette partie du Plateau central. Stratigraphiquement, il a établi la succession vraie des formations sédimentaires et éruptives, jusqu'alors si enchevêtrées, de la série ante-houillère; il discerne au-dessus des gneiss et micaschistes, formant le substratum, des schistes feldspathisés, micacés et maclifères, des quartzites, des cornes vertes et des schistes amphiboliques, accompagnés par des roches éruptives basiques, diorites, diabases et porphyrites amphiboliques, qui constituent un ensemble d'une continuité remarquable. Il nous montre que le granite disloque et injecte de toutes parts ces terrains et que, loin de constituer leur substratum primitif, il leur est postérieur.

Sur cette série ancienne, le Carbonifère s'est déposé sous forme de schistes ternes et de quartzites très foncés, contenant, à leur partie supérieure, des lentilles calcaires fossilifères et des poudingues à galets de granite. Enfin, les tufs ortho-

phyriques et porphyritiques (anciens grès anthracifères), contenant des traînées discontinues de poudingues et de schistes, avec flore du Culm, sont immédiatement suivis par les grandes éruptions de microgranulites, puis par celles des porphyres pétrosiliceux.

Au point de vue tectonique, M. Michel-Lévy indique les vraies directions N. O. et N. E., armoricaine et varisque, des couches paléozoïques, marquées sur les anciennes cartes avec une direction erronée N.-S. ; il discerne du même coup les plissements superposés, correspondant aux systèmes successifs de montagnes : plissements hercyniens ante-stéphaniens et post-permiens ; affaissements volcanisés, immédiatement postérieurs aux plis hercyniens ; enfin, décrochements perpendiculaires à ces plis et généralement injectés de quartz et de sulfures à l'époque où le Trias et les premiers étages du Lias se déposaient sur la pénéplaine post-permienne. Il attribue aux soulèvements alpins les voûtes à grand rayon de courbure qu'il convient de substituer à la notion des horsts tout à fait inflexibles de M. Suess. En outre, il établit le tracé des décrochements, réouverts dans le Beaujolais et le Charollais.

Les résultats ainsi acquis le furent à la suite de très nombreux travaux de détail, exécutés entre les années 1880 et 1899 [35, 43, 45, 51, 52, 61, 70, 73, 91].

A côté de ces travaux et venant les compléter, on doit placer ceux de Le Verrier [62, 67, 74] et ceux de M. De Launay [57, 58, 77, 78, 93, 97, 98, 99].

Si l'ordre de superposition des diverses formations était définitivement établi par ces travaux, l'âge absolu des niveaux antérieurs au Dinantien ne l'était pas. On admettait en effet à l'origine que les cornes feldspathisées, les schistes maclifères, les cornes amphiboliques, supérieurs aux gneiss, appartenaient au Précambrien (x de la Carte) ; cette manière de voir faisait croire à l'émersion du Plateau central pendant le Silurien et le Dévonien. Les premières couches, paléontologiquement datées, étaient celles du Carbonifère marin. La découverte de la genèse des diorites par digestion des strates calcaires et, en général, les idées nouvelles sur la formation du granite par digestion des sédiments de tous âges au fond des géosynclinaux, firent supposer dès 1894 que le Précambrien de cette région pouvait bien être du Dévonien (légende de la feuille de Gannat : De Launay). Mais cette hypothèse restait sans preuves. D'autre part, Julien émettait en 1896 l'opinion que les tufs orthophyriques du Morvan étaient d'un âge franchement antérieur aux mêmes formations éruptives existant dans le Roannais ; il s'appuyait sur leur superposition immédiate au-dessus de niveaux fossilifères, tournaisiens dans le Morvan, viséens dans la Loire ; il soutenait en outre qu'il y avait absence complète du Viséen dans le Morvan et du Tournaisien dans la Loire ; d'où sa théorie originale de balancement du Plateau central autour d'un axe Digoin, Chagny, entre les époques tournaisienne et viséenne, expliquant l'immersion et l'émersion successives et inversées qu'il croyait reconnaître dans les deux régions, au N. O. et au S. E. de cet axe.

Données nouvelles. — Mes travaux sur les terrains primaires du Morvan m'ont naturellement conduit à réviser ceux de la Loire ; j'ai pu étendre à ces derniers toutes les conclusions adoptées pour les premiers. Les niveaux diori-

tiques qui prennent dans le faisceau de la Loire une si grande ampleur, forment la base d'une série primaire qui débute au Dévonien supérieur et continue jusqu'au Carbonifère marin ; ce dernier présente un Tournaisien non fossilifère, mais avec niveaux de poudingues caractéristiques, et un Viséen fossilifère. Les seules différences résident dans un métamorphisme plus intense et général des strates dévoniennes et tournaisiennes et dans une plus grande extension des calcaires viséens ; les tufs microgranulitiques se placent, comme dans le Morvan, au Viséen supérieur.

J'ai établi, entre temps, dans les calcaires du Viséen, la présence de Foraminifères qui paraissent propres à caractériser ce niveau et se retrouvent fidèlement dans tous ses affleurements. On sait qu'ils existent également dans tous les pointements calcaires viséens du Morvan (Cussy, l'Huis-Prunelle). Les niveaux calcaires à Foraminifères sont voisins de schistes à anthracite, intercalés à la base des tufs microgranulitiques dans le Morvan (Ménessaire) comme dans la Loire (Lay).

La partie du faisceau synclinal, dont je parlerai, s'étend de Cusset, dans l'Allier, à l'Ouest, jusqu'au Nord de Cluny, en Saône-et-Loire, vers l'Est, en passant par le seuil qui sépare les bassins de Montbrison et de Roanne et dessinant ainsi un V dont la pointe coïncide avec ce seuil. Il traverse successivement les départements de l'Allier, de la Loire, du Rhône (Beaujolais) et de Saône-et-Loire (Mâconnais). Il se retrouve de l'autre côté de la vallée de l'Allier vers l'Ouest, jalonné par les lambeaux de tufs (N. E.) de Montcel et Manzat ; puis il change brusquement de direction, au passage du grand accident houiller N.-S. du Plateau central ; il remonte vers le N. O. par les lambeaux de tufs des environs d'Evaux (calcaire viséen à Foraminifères du Chat-Cros) et paraît se diriger vers le bassin d'Ancenis en Bretagne. A l'Est, il disparaît sous les terrains tertiaires des vallées de la Saône et du Doubs ; il passe quelque part au Sud de la Forêt-Noire.

Nous verrons que sa constitution entre les vallées de l'Allier et de la Saône est complexe. Il comporte des synclinaux et des anticlinaux multiples qui ont commencé à se former antérieurement aux sorties de microgranulites. Néanmoins il affecte, dans son ensemble, la forme d'une aire synclinale plus régulière que le faisceau du Morvan, moins plissée au centre et moins profondément érodée. Sa région centrale est occupée par les formations plus récentes : tufs microgranulitiques et microgranulites, associées et postérieures ; ses bordures septentrionale et méridionale laissent apparaître les formations antérieures dans l'ordre des âges : poudingues de la base des tufs, calcaires viséens et schistes tournaisiens, formations dévoniennes métamorphisées, formations gneissiques d'âge indéterminé.

D'autre part, les dislocations par failles et décrochements transversaux, au moins à l'Est et à l'Ouest de la partie qui forme le seuil de la Loire, ont une importance bien plus considérable que dans le Morvan.

J'indiquerai de suite que la partie orientale du faisceau, à l'Est de la Loire, possède, dans toute sa longueur, la série régulière des formations, mais par con-

tre, que la partie occidentale, à l'Ouest de la Loire, est très disloquée et se réduit à des lambeaux discontinus au milieu du granite.

Je parcourerai successivement ces deux bordures en commençant par celle du Nord et en allant de l'Ouest à l'Est ; toutefois, sur la bordure Nord, pour faciliter mon exposé, je décrirai d'abord les lambeaux les plus conservés, c'est-à-dire ceux à l'Est de la Loire, réservant ceux très disloqués de la rive gauche pour la suite.

BORDURE SEPTENTRIONALE DU FAISCEAU DE LA LOIRE

Environs de Régny. — Le lambeau paléozoïque qui s'étend à l'O. S.O. de Régny a la forme d'un triangle allongé de l'O. S. O. à l'E. N. E. sur environ 6 km. de long, sa base, située un peu à l'Est de Régny, étant dirigée N. 130° E. ; il est bordé vers le Sud et vers l'Est par les tufs microgranulitiques qui contiennent dans les environs de Lay et à l'Ouest de St-Victor des couches d'anthracite, dirigées N. 70° E. et plongeant vers le S. E. ; vers le Nord, les cailloutis de bordure du bassin tertiaire de Roanne viennent le masquer.

La route de Roanne à Régny, qui remonte la vallée du Rhin vers l'E. N.E. suivant la direction moyenne des couches, et celle de Régny à Saint-Symphorien-de-Lay, qui les recoupe perpendiculairement, montrent par leurs affleurements toutes les formations du lambeau. Dans la coupe relevée sur la première (fig. 28),

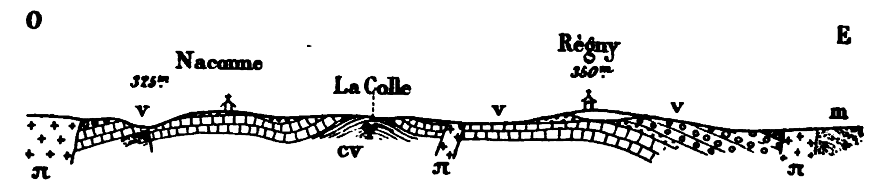


Fig. 28. — Coupe schématique, route de Roanne à Régny (vallée du Rhin).
m. tufs microgranulitiques, v. Viséen, poudingues, calcaires noirs fétides et schistes, cv. schistes de passage au Tournaisien, π. microgranulite, T. gisements fossilifères. Echelle 40.000e (hauteurs amplifiées 5 fois).

nous voyons sous un massif de microgranulite (à l'O. S. O.) et sous les tufs microgranulitiques (Bozon), les poudingues à galets de roches granitiques et de calcaire reposer sur les premières couches calcaires, entremêlées, à leur partie supérieure, de bancs gréseux et schisteux, bien visibles dans le vallon de Pradines ; ces couches calcaires forment une voûte, largement exploitée dans des carrières à l'Ouest de Naconne; elles montrent à la base de puissants bancs noirs, remplis de fossiles du Viséen inférieur, séparés par de minces lits schisteux gris foncé, charbonneux, également fossilifères; des bancs gréseux arkosiens surmontent les calcaires. A l'Est de Naconne, les couches s'abaissent (quelques poudingues affleurent), puis se relèvent de telle façon que sous le hameau de « La Colle » les schistes psammitiques, inférieurs au calcaire, viennent au jour;

avant Régny et à Régny même, les calcaires noirs en bancs épais, surmontés par des niveaux gréseux, affleurent de nouveau, pour disparaître brusquement, à l'Est de Régny, contre des couches de poudingues et de tufs microgranulitiques.

La coupe en travers, offerte par la route de Régny à Saint-Symphorien-de-Lay, montre l'épaisseur approximative des différents niveaux; les alternances de bancs calcaires et de lits schisteux noirs, atteignent 50 m. environ (carrière au-dessus de la station de Régny) ; les arkoses et poudingues supérieurs, 10 à 20 m. ; les tufs microgranulitiques viennent ensuite. La direction des couches est en moyenne N. 80° E. ; le pendage faible vers le S. E.

Les nombreux fossiles, recueillis dans le niveau calcaire de Régny, ont permis à Julien [79, p. 193] de les placer à la base du Viséen (assise de Dinant, V_1 de la carte de Belgique); la faune, très riche en Lamellibranches et en Gastéropodes, y est, d'après cet auteur, sublittorale et à faciès vaseux ; elle peut être caractérisée par la présence des grands *Productus* et des grands *Chonetes*. Par contre, les schistes psammitiques qui affleurent à « La Colle » m'ont fourni une faune riche en Spiriférines, pauvre en *Productus*, contenant des pygidium mal déterminables, mais n'appartenant pas au *Phillipsia Eichwaldi*, Fisch. (du Viséen de l'Ardoisière) ; c'est une faune de passage entre le Tournaisien et le Viséen.

Un échantillon des calcaires noirs de Naconne m'a montré, en plaque mince, des sections de Foraminifères (*Endothyra* sp.) à côté de sections de tiges d'encrines et de files de cellules, bout à bout, appartenant peut-être à des algues.

Les couches de calcaire et de schistes dinantiens viennent butter brusquement à l'Est contre les tufs microgranulitiques ; par suite d'un décrochement transversal N. O., elles sont rejetées à 4 km. plus au Nord ; les couches de Montagny, Thisy sont en effet leur continuation vers l'E. N. E. Ce décrochement apparaît nettement sur la feuille au 80.000e de Roanne si l'on suit les directions et les pendages des couches d'anthracite, affleurant au milieu des tufs. Deux séries de couches anthraciteuses affleurent à 2 km. au S. E. des cordons de poudingues de Régny et de Montagny ; toutes deux ont la même direction E. N.E. ; mais la deuxième série a subi un rejet d'environ 4 km. vers le N. N. O., le même qu'ont subi les couches de poudingues et de calcaires. A l'E. N. E. de la concession de Saint-Symphorien-de-Lay et comme trait d'union entre ces deux séries, les couches d'anthracite sont déviées vers le Nord, puis s'étranglent et deviennent brusquement N. O. dans la région étirée. Les filons de quartz de la Verpière, au Nord de Régny (N. 130° E.), accompagnent l'étirement et confirment le décrochement. Cette torsion des couches d'anthracite, si nette, grâce aux travaux de mines, est un fait général : la plupart des décrochements hercyniens sont accompagnés d'étirements et de torsions des couches qu'elles intéressent.

En résumé, la succession qui résulte des observations faites aux environs de Régny est la suivante :

A la base, des schistes noirs psammitiques, intermédiaires entre le Tournaisien et le Viséen (La Colle) ;

Une alternance de calcaires noirs fétides et de schistes calcarifères du Viséen inférieur (avec Foraminifères) sur 50 à 60 m. d'épaisseur ;

Puis des grès arkosiens calcarifères, gris ou rouges, avec, à leur partie supérieure, des poudingues à galets de calcaires et de roches granitoïdes (20 à 30 m.) ;

Au sommet, les tufs microgranulitiques à flore du Culm, entremêlés de couches d'anthracite et de masses puissantes de microgranulite.

Ces grès et tufs, qui représentent le Viséen supérieur, indiquent une période de retrait de la mer, qui s'annonce déjà au Viséen inférieur, dont les calcaires nous ont montré une faune sublittorale.

Au point de vue tectonique, le lambeau de Régny appartient au versant méridional d'un anticlinal qui passe plus au Nord, caché sous les cailloutis de Pradines, avec une direction E. N.E. (N. 70° E.). Cet anticlinal constitue le premier plissement qui ait ramené au jour les formations inférieures aux tufs, au Nord de la vaste région synclinale qui sépare Régny de Néronde.

Brusquement décroché à l'Est de Régny, il s'étire vers le N. N.O. pour reprendre sa direction normale au Nord de Montagny.

Environs de Montagny, Thizy. — Sur 14 km. de long, de l'Ouest à l'Est, et sur 4 à 6 km. de large, entre deux lignes passant à Montagny, Combre, Thizy, au Sud, Coutouvre, La Gresle, Sévelinges, Mardore, au Nord, se rencontrent des formations antérieures aux tufs microgranulitiques qui font la suite de celles de Régny vers le N. E. Les couches du Viséen inférieur apparaissent sur une plus grande étendue qu'à Régny. Sur la bordure Sud du lambeau, elles forment une série complète qui se suit sur environ 11 km. depuis les Verrières, à l'Est du Perreux, jusqu'à Thizy, en passant par Montagny, Combre et le Bourg-de-Thizy.

Cette série comporte de haut en bas, sous les tufs microgranulitiques :

Des poudingues à éléments granitiques et galets de calcaire viséen, déjà entremêlés de tufs ;

Des arkoses calcarifères, entremêlées de schistes.

Des calcaires noirs fossilifères en bancs épais, avec lits de schistes calcarifères en plaquettes minces, fossilifères. Ces calcaires paraissent former des lentilles discontinues au milieu de schistes et d'arkoses noires. Ils sont l'objet d'une fort active et fort ancienne exploitation ; des carrières y ont été ouvertes au pont d'Aveize, à Montagny, au Fromental, à la Forêt, à Thizy.

Les poudingues et arkoses du sommet peuvent atteindre 200 m. d'épaisseur; les calcaires de la base 100 m.

La nouvelle route de Roanne à Montagny, par le Perreux et le vallon des Verrières, présente une excellente coupe du Viséen inférieur dans les 500 m. qui précèdent, à l'Ouest, la bifurcation du chemin d'Aveize (fig. 29).

On voit apparaître sous les tufs, et d'abord mélangés avec eux, des poudingues qui affleurent en tranchées et sont particulièrement typiques : ils contiennent des galets bien conservés, faciles à sortir de leur gangue, rarement impressionnés, atteignant couramment 20 et 30 cm. de diamètre, des roches suivantes : quartz, quartzites lustrés à cassure brillante, pareils à ceux que j'ai maintes

fois signalés dans le Tournaisien du Morvan, arkoses et calcaires fossilifères viséens, porphyrites, granite blaviéritisé mais parfaitement reconnaissable.

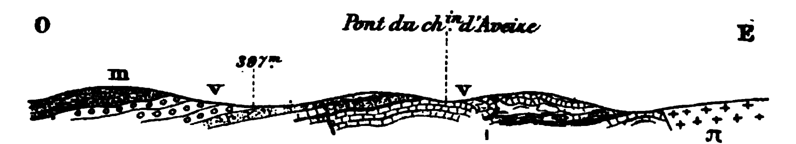


Fig. 29. — Coupe schématique sur la route de Régny à Montagny par la vallée du Redon.

m. tufs microgranulitiques, v. poudingues à galets de calcaire et arkoses calcarifères, calcaires noirs, fétides et schistes (1 double pli couché), π. microgranulite. Echelle 10.000e (hauteurs amplifiées 5 fois).

La pâte de ce poudingue est formée par une arkose tuffacée, verdâtre foncé, à ciment siliceux, généralement beaucoup moins compacte que celle des poudingues tournaisiens du Morvan.

La tranchée qui suit à 100 m. vers l'Est est ouverte dans les formations suivantes, inférieures aux poudingues précédents ; de haut en bas :

Schistes noirs arkosiens. . . . . Arkoses rubéfiées (à ciment calcaire).	sur 3 m.
Calcaire noir arkosien, ... Calcaire froissé noir fossilifère. . .	sur 3 m.

Enfin, 100 m. plus loin vers l'Est, les couches continuant à s'élever lentement, on rencontre, dans deux carrières voisines (en face du pont du chemin d'Aveize), des bancs de calcaire noirâtre de 50 cm. à 1 m., entremêlés de bancs calcaires arkosiens et séparés par des lits schisteux très pincés et très noirs (tachant les mains en noir). Ces lits paraissent coïncider avec des plans de glissement des couches ; la deuxième carrière offre, en effet, un curieux exemple d'un pli en S, étranglé à sa partie supérieure, provenant de poussées horizontales. L'ensemble des bancs calcaires atteint ici 6 à 8 m. d'épaisseur.

Le terme le plus constant de la série ainsi établie est celui des poudingues à galets de calcaire qui forment une bordure presque régulière à la base des tufs microgranulitiques. Il manque cependant en quelques points, par suite de failles ou d'étirements. Les arkoses, inférieures aux poudingues, se retrouvent fréquemment aussi ; par contre, la continuité des calcaires est loin d'être entière ; ils passent latéralement à des schistes noirs, entremêlés de bancs arkosiens ; c'est le cas à l'Est de Montagny.

L'épaisseur des lentilles calcaires est assez variable ; nous avons vu que celle du pont d'Aveize atteignait 10 m. ; au Fromental et à la Forêt, cette épaisseur est d'environ 15 m. ; à Thizy elle est de 20 à 30 m. Elle se réduit plus ou moins progressivement dans les intervalles (bancs de 1 m. à l'Ouest de la Roche entre les lentilles du Fromental et de la Forêt).

La constitution des bancs calcaires n'est pas partout la même ; j'ai déjà

signalé que quelques-uns étaient gréseux ou arkosiens ; d'autres sont schisteux et se débitent en plaquettes, plus ou moins riches en débris de fossiles dont le têt blanc, conservé, tranche sur le fond noir (calcaire bitumineux de Grüner). Le calcaire, le plus abondant et le plus généralement exploité, est assez compact, gris bleuté, présentant des clivages larges de calcite recristallisée. Un type de calcaire plus rare se rencontre au Fromental et surtout à la Forêt : c'est un calcaire très compact, à éléments très fins, dont la cassure est esquilleuse et la couleur plus claire que celle des précédents. A la loupe, il se montre surchargé de fins pisolithes blanchâtres au milieu d'un ciment gris.

La faune, étudiée par Julien, riche en *Orthis*, en *Chonetes*, avec quelques grands *Productus*, a été entièrement assimilée par lui à celle de Régny.

L'étude en plaques minces m'a montré l'existence dans tous ces calcaires des Foraminifères déjà rencontrés à Régny : au pont d'Aveize, les sections sont d'une netteté remarquable ; elles sont restées chargées de matières charbonneuses et apparaissent en noir au milieu d'un ciment calcaire blanc, d'une grande transparence ; elles appartiennent aux genres : *Saccamina*, *Trochammina*, *Endothyra*, etc. Dans les calcaires fins, pisolithiques, du Fromental et de la Forêt, j'ai trouvé au cœur de pisolithes ronds ou ovoïdes, à zones d'accroissement concentriques, alternativement opaques et transparentes, des débris de tiges d'encrines et d'*Endothyra*. Je rappellerai qu'il existe à Cussy-en-Morvan un type pisolithique absolument identique à celui-ci.

La lisière Nord du lambeau, sous les tufs de la Gresle et de Cours, ne présente plus les niveaux schisteux avec lentilles calcaires, régulièrement développés sur la lisière Sud ; le Viséen inférieur se réduit ici à la formation des poudingues à galets de calcaire viséen immédiatement inférieurs aux tufs microgranulitiques ; la route de Coutouvre à la Gresle en présente de beaux affleurements sous le château de Morland.

L'étude du pointement de gneiss et de schistes amphiboliques, marqué par Le Verrier dans le vallon du Trambouzan, sous Fenouillet, et celle de la bande de grès et de poudingues, indiqués par lui comme viséens au centre du lambeau, m'ont fourni la preuve que tout le cœur de ce lambeau comporte des terrains immédiatement antérieurs au Viséen, plus ou moins métamorphisés, constituant un axe anticlinal suivant une ellipse de 8 km. de long sur 1 à 2 de large.

La descente du château de Morland au moulin du Buis, en passant par Fenouillet, montre brusquement, sous les poudingues à galets de calcaire viséen, des schistes feldspathisés, injectés de granite, puis de véritables gneiss, auxquels font suite, à partir de Fenouillet et jusqu'au moulin du Buis, des quartzites métamorphisés et enfin des cornes épidotifères et pyroxéniques.

Cette succession était peu instructive par elle-même, mais la coupe transversale que permet, plus à l'Est, la route de la Gresle à Montagny, devait heureusement la compléter et l'expliquer.

Entre « la Fabrique » et la bifurcation de la route de Bourg-de-Thizy, on traverse des grès et des schistes psammitiques qui affleurent sous les poudingues viséens et ont un faciès franchement plus ancien, rappelant les formations tour-

naisiennes que j'ai reconnues dans le Morvan sous le nom d'arkoses violettes (environs d'Avrée); en avançant vers le Sud, ces formations deviennent maclifères puis feldspathisées; la carrière ouverte sous « les Alaires » montre les mêmes cornes épidotifères et pyroxéniques, déjà rencontrées au moulin du Buis ; ces cornes se continuent jusqu'au passage du Trambouzan ; dans la remontée sur la rive gauche de cette rivière, affleurent des poudingues à pâte quartziteuse et à galets de quartzites lustrés, métamorphisés par endroits, et qui me paraissent analogues aux poudingues tournaisiens métamorphiques du Morvan ; à ces poudingues succèdent vers le Sud des schistes noirs non métamorphisés, bientôt entremêlés de bancs calcaires viséens (Montagny).

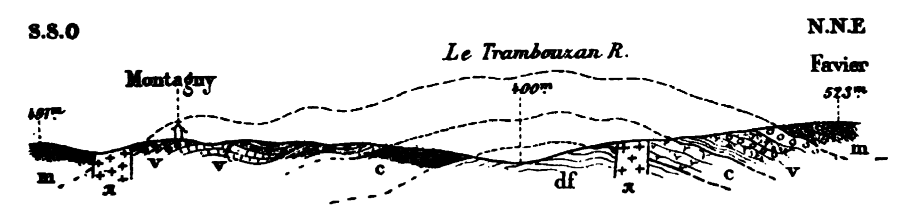


Fig. 30. — Coupe schématique transversale du lambeau de Montagny.

m. tufs microgranulitiques, v. Viséen, poudingues à galets de calcaire et de roches granitoïdes, arkoses calcarifères, calcaires noirs fétides et schistes, c. Tournaisien, poudingues métamorphisés et quartzites, d. f. Dévonien supérieur, cornes féldspathisées, épidotiféres et pyroxéniques. Echelle : 50.000e (hauteurs amplifiées 3 fois).

La coupe (fig. 30) rend compte de cette succession : au centre apparaissent les formations les plus anciennes, les cornes pyroxéniques ; ces cornes, inférieures aux poudingues, grès et schistes tournaisiens, sans discordance de stratification, sont à paralléliser avec les roches similaires, nées dans le Morvan du métamorphisme des calcaires dévoniens. Je les considère donc comme représentant des strates dévoniennes supérieures. Elles sont profondément entaillées par le vallon du Trambouzan ; le métamorphisme y est parfois très intense et y a produit de véritables gneiss. Au Sud, elles sont surmontées par des poudingues et des quartzites tournaisiens métamorphisés, confondus jusqu'alors avec les poudingues supérieurs du Viséen ; ces poudingues sont recoupés, à l'Ouest, par la route de Montagny à Coutouvre; ils se poursuivent à l'E. N. E. jusque vers Mardore. Au Nord, des grès et schistes, qu'intéresse le métamorphisme, indiquent une retombée du Tournaisien. La succession stratigraphique se montre donc ici continue et régulière, comme dans le Morvan, au sommet du Dévonien et au Dinantien ; les premiers mouvements de retrait de la mer se sont manifestés au Tournaisien, comme le montrent ses grès et ses poudingues. La mer est revenue au Viséen inférieur pour se retirer définitivement au Viséen supérieur, époque de grandes éruptions et de dépôts volcaniques. Le métamorphisme très intense a profondément altéré le Dévonien et le Tournaisien.

Tectoniquement, l'ensemble du lambeau apparaît comme constitué par un anticlinal unique, dont l'axe E. N.E. (passant vers Fenouillet et Paton) a ramené

au jour le Dévonien supérieur, très métarmophisé; il est bordé par deux bandes tournaisiennes, également métamorphisées ; il constitue la suite de l'anticlinal dont le flanc Sud existe seul à Régny, après un décrochement de quelques kilomètres vers le N. N.O.

Son flanc Sud possède seul des lentilles calcaires viséennes, ici comme à Régny ; son flanc Nord ne présente plus le Viséen inférieur qu'à l'état de formation de rivage.

Les bouleversements des couches par les mouvements hercyniens, leurs dislocations par les éruptions de microgranulites sont particulièrement frappants sur la lisière Sud de l'anticlinal; dans l'ensemble, la bande calcaire est dirigée vers l'Est avec pendage vers le Sud ; en fait, les directions et pendages, relevés dans les différentes lentilles, sont des plus capricieux (N O. pendage S. O. au pont d'Aveize, E. N.E. pendage N. O. à Montagny, N. O. pendage N. E. à Fromental). Les abaissements d'axes ou les failles sont des accidents fréquents le long des plis ; les poudingues viséens affleurent, par exemple à l'Ouest de Montagny, sur l'allongement même des bancs calcaires.

Les microgranulites forment de fréquents filons et des masses intrusives (à l'Est du pont d'Aveize, à Montagny, etc.). Je signalerai à 1 km. au Sud de Coutouvre, sur la rive droite du Trambouzan, l'existence dans une masse de microgranulite, d'une brèche tuffacée contenant des débris anguleux de microgranulite, de schistes, de granite, appartenant peut-être à quelqu'ancien appareil volcanique externe.

L'anticlinal que nous venons d'étudier est encore séparé de l'aire anticlinale granitique du Charollais, qui commence vers Cuinzier (à environ 6 km. plus au Nord), par deux autres anticlinaux, ceux-là très disloqués par les éruptions de microgranulite. Le premier longe le synclinal de tufs de La Gresle et de Cours et fait apparaître deux pointements de schistes micacés, de gneiss et de granite (Les Pendans, Grenier) et deux lambeaux très déchiquetés de schistes dinantiens (Montachelet, le Fougeras). Le second correspond aux schistes dinantiens de Jarnosse et aux schistes amphiboliques dévoniens du Mont Rolland. C'est le flanc Nord de ce dernier qui vient s'enfoncer dans le granite à Cuinzier.

Lambeau de Saint-Bonnet-le-Troncy. — L'anticlinal dévonien et dinantien de Montagny et ses auxiliaires Nord se cachent assez brusquement à l'E. N.E., vers Mardore et Cours où la microgranulite envahit tout le pays; cette roche éruptive disloque par ses masses intrusives les terrains antérieurs à son éruption, ou les recouvre de coulées épaisses.

Toutefois, les petits lambeaux de Jovain, de Saint-Bonnet-le-Troncy, du Col de Polossy et celui de Thel et de Ranchal qui affleure à l'E. N.E., sont des réapparitions de l'anticlinal de Montagny.

Au S. E. de Jovain, le niveau des poudingues à galets de calcaire viséen se montre immédiatement sous les tufs ; à Saint-Bonnet-le-Troncy et au col de la Croix-Nicelle, entre Saint-Bonnet et Saint-Nizier-d'Azergues, le calcaire noir viséen affleure, formant deux lentilles exploitées en carrières ; celle du col de la Croix-Nicelle est immédiatement surmontée par des poudingues à galets de calcaire et à

galets de granite abondants, que M. Michel-Lévy signalait dès 1889 [61]. Des plaques minces de ce dernier gisement m'ont donné des sections de Foraminifères (*Endothyra*, *Valvulina*, etc.).

On peut affirmer que les calcaires du lambeau de Saint-Bonnet sont rigoureusement la prolongation vers l'E. N.E, des couches de Régny et de Montagny, Thisy. Toute la partie N. E. du lambeau de Saint-Bonnet est étirée vers le Nord ; elle confine en effet à une nouvelle zone de décrochements N. N.O que met en évidence le faisceau de filons de quartz N. N.O. de la vallée de l'Azergues et les lambeaux, ayant même direction, de Stéphanien, pincés dans la microgranulite, sur la rive droite de cette vallée (Saint-Just-d'Avray, Saint-Nizier, Corcelette, Dhun) ; ces pincements de poudingues et de couches houillères jalonnent des cluses, ouvertes à la fin des soulèvements hercyniens, transversalement aux rides montagneuses, antérieurement formées.

La zone de filons triasiques et de cluses stéphaniennes ainsi définie, rejette à 10 km. vers le N. N.O. la suite de l'anticlinal dinantien et dévonien de Montagny.

Environs de Propières et Azolette. — Nous le retrouvons, en effet, qui forme au Nord d'Azolette et de Propières une ligne d'affleurements, inférieurs aux tufs microgranulitiques, dirigés N. E., puis E.-O,, et même S. E, subissant ainsi une torsion apparente vers le Sud.

Trois recoupements sont utiles pour l'étude de ce lambeau : celui du chemin d'Azolette au Moulin (505 m.) vers l'Ouest, celui de Thiolon à Bridet et les Rigauds vers le N. O., celui des Condamines à la Colombe et au col de Champ Juin (route des Echarmeaux à Saint-Bonnet-des-Bruyères) vers le Nord.

Le premier montre les tufs microgranulitiques passant, à leur base, à des arkoses quartziteuses à petits galets de quartz et de roches granitoïdes ; ils reposent sur des schistes qui contiennent une lentille de calcaire noir à tiges de Crinoïdes et Foraminifères (cour du Moulin et rive gauche du ruisseau sur environ 40 m.). Des schistes, avec alternances gréseuses, séparent ces niveaux calcaires des masses de microgranulite, toutes proches vers l'Ouest.

Le deuxième recoupement traverse, comme le premier, des tufs passant à des arkoses blanchâtres à petits galets de roches granitoïdes, au-dessous desquels s'étagent, sur environ 200 m., des schistes entremêlés de niveaux arkosiens blancs quartziteux (E.-O., pendage S.) ; ces couches contiennent à Bridet une puissante lentille calcaire exploitée ; Julien y a trouvé quelques fossiles d'un niveau inférieur à celui de Régny, de l'extrême base du Viséen, à affinités tournaisiennes [79, p. 203]. La route des Rigauds vers le N. O. traverse des schistes assez horizontaux, bientôt interrompus par la microgranulite.

Le troisième recoupement est le plus complet (fig. 31). Il quitte les tufs microgranulitiques à « la Colombe » ; leur base est arkosienne et schisteuse, mais sans galets ; ils reposent sur un premier niveau à lentilles calcaires ; le fond du vallon de la Colombe offre, en effet, les vestiges d'anciennes exploitations ; le calcaire noir y est fossilifère comme à Azolette et à Bridet ; au-dessous, vers le Nord, on traverse une longue série de schistes noir verdâtre, psammitiques, avec alter-

nances de grès arkosiens à débris de plantes qui rappellent beaucoup les niveaux à plantes, supérieurs au Famennien, du Morvan (Saint-Aubin près Bourbon-Lancy). Je signalerai trois principaux affleurements de ces grès : sous le château de la Farge, au-dessus « des Cannots » et au tournant de la route au Sud d'Ajoux.

Cette série de schistes et de grès, vraisemblablement tournaisiens, repose à Ajoux, sans discordance de stratification, sur des cornes feldspathisées, auxquelles succèdent bientôt des cornes amphiboliques passant à des diorites et à des porphyrites amphiboliques. Ces dernières roches forment des affleurements remarquables au col de Champ-Juin et sur 1 km., en descente vers Saint-Bonnet-des-Bruyères ; le granite leur succède vers le Nord. Elles donnent à la région un aspect très particulier, laissant, à la surface du sol, de gros blocs de plusieurs mètres cubes, souvent nombreux et rapprochés les uns des autres, appelés localement roches des fées. Ces blocs ne sont que leurs parties plus résistantes à la décomposition. Elles comportent, comme au Mont Pellerat, des parties franchement dioritiques et diabasiques, entremêlées de cornes vertes amphiboliques, et même de granite à amphibole. Par leur situation stratigraphique et par leur analogie avec les roches similaires du Morvan, on a toute raison de les croire formées par la digestion de strates calcaires dévoniennes.

La succession stratigraphique, observée dans les environs d'Azolette et de Propières, peut se résumer ainsi, de haut en bas :

Viséen supérieur. — Tufs microgranulitiques; tufs quartziteux et arkoses à petits galets, équivalents des poudingues à grands éléments reconnus plus au S. O. L'érosion a été bien moins intense ici.

Viséen inférieur. — Schistes avec, à leur partie supérieure, des lentilles calcaires à faune de la base du Viséen et à Foraminifères très abondants (dans les trois gisements d'Azolette, de Bridet et de la Colombe), appartenant aux genres *Endothyra, Valvulina, Nodosinella.*

Tournaisien. — Arkoses à plantes et schistes, immédiatement inférieurs au niveau à lentilles calcaires, rappelant le Tournaisien du Morvan.

Dévonien. — Cornes feldspathisées, en concordance de stratification, au-dessus des niveaux amphiboliques, pouvant représenter un Famennien schisteux, sans que sa délimitation précise avec le Tournaisien soit possible.

Cornes amphiboliques et diorites inférieures ; leur épaisseur indique l'importance considérable que devaient avoir les niveaux calcaires dévoniens dans cette région.

L'existence du flanc S. E. de l'anticlinal de Montagny, St-Bonnet-le-Troncy, une deuxième fois rejeté plus au N. O. par un décrochement nouveau, est bien prouvée ici par l'étude stratigraphique; le fait signalé par Julien de la présence, dans la faune des calcaires noirs, d'espèces plus particulièrement tournaisiennes ne doit pas faire considérer ces calcaires comme d'un niveau sensiblement inférieur à ceux de Montagny ; j'ai trouvé des Foraminifères identiques ici et à Montagny ; en outre, le métamorphisme du granite ne s'est pas plus exercé sur

ces calcaires que sur les autres calcaires de la région et les poudingues à petits galets, au-dessus d'Azolette, contiennent des galets granitiques.

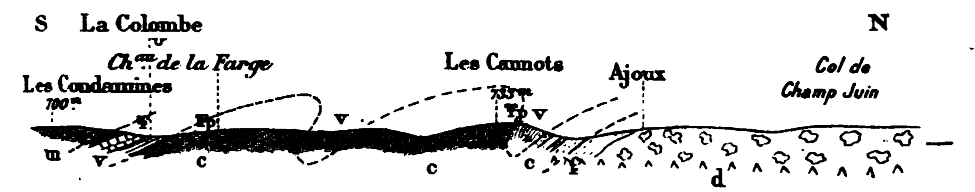


Fig. 31. — Coupe schématique des Condamines au col de Champ-Juin (montagne de Charuge), au N. de Proprières.

m. tufs microgranulitiques, v. schistes et calcaires viséens, c. grès à plantes et schistes tournaisiens, cornes feldspathisées au N., f. cornes feldspathisées et amphiboliques famenniennes ? d. diorites dévoniennes. Echelle : 35.000e (hauteurs amplifiées 3 fois).

La coupe (fig. 31) de la Colombe à Ajoux montre qu'il y a au moins trois anticlinaux, très fortement plissés et couchés vers le N. O. ; celui de Montagny prolongé et deux auxiliaires ; le dernier vers le N. O. est le plus relevé et ramène au jour les formations dévoniennes métamorphisées.

Lambeau de Matour et de Trambly. — Au S. E. de Matour, la feuille de Mâcon porte un lambeau de terrains paléozoïques ; ce lambeau, dirigé N. E., correspond à un nouveau décrochement des anticlinaux de Montagny vers le N. O. Il se prolonge au N. E. par un deuxième lambeau, également décroché vers le N. O., celui de Trambly, que nous étudierons en même temps. On remarquera que l'importance des décrochements est ici très réduite ; elle atteint environ 2 km. alors que 10 km. séparent le lambeau de St-Bonnet-le-Troncy de celui d'Azolette. Ces décrochements sont encore accompagnés de véritables étirements transversaux ; les couches peuvent se suivre, en effet, au droit de ces accidents.

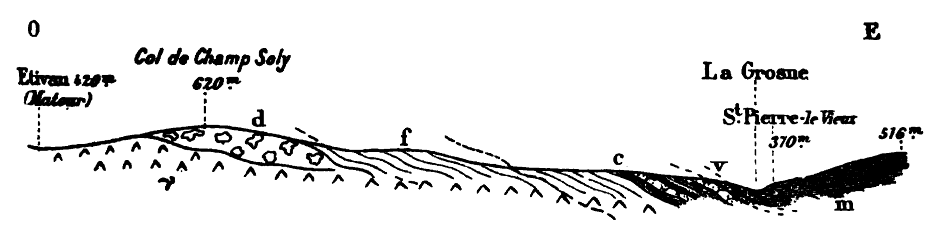


Fig. 32. — Coupe schématique de Saint-Pierre-le-Vieux à Etivau, près Matour.

m. tufs microgranulitiques, v. schistes viséens avec nodules calcaires, c. arkoses et schistes tournaisiens, schistes micacés, f. cornes feldspathisées et amphiboliques famenniennes ? d. diorites frasniennes, γ. granite. Echelle : 35.000e (hauteurs amplifiées 1 1/2 fois).

La coupe de St-Pierre-le-Vieux à Matour par Champ-Soly (fig. 32) présente la succession suivante : sous les tufs microgranulitiques, qui affleurent à St-Pierre-le-Vieux, apparaît un niveau schisteux peu épais, à petits nodules calcaires, que

l'on peut rapporter au Viséen ; des bancs de grès arkosiens noirs et durs, alternant avec des schistes noirs (N. N. E., pendage S. E.) s'étagent au-dessous ; ils rappellent les formations tournaisiennes du Morvan ; ils reposent sur des schistes maclifères et feldspathisés, peu épais, suivis par des cornes amphiboliques, puis par des diorites, largement développées jusqu'au col de Champ-Soly et formant des champs de roches des fées. Ces dernières représentent un Dévonien très important.

Au S. O. de cette coupe, la région St-Bonnet-des-Bruyères, Flambaye, Vozelles, Mussery, est composée par des cornes amphiboliques et des diorites, avec apparition de granite en leur milieu ; la montée de Mussery se fait dans des schistes micacés et maclifères ; les tufs microgranulitiques n'apparaissent qu'au-dessus de Mussery où affleurent des schistes froissés. Toute cette région S. O. du lambeau se montre très étirée ; mais les formations y sont très métamorphisées et l'indication d'une faille brusque de décrochement, mettant en contact le granite de Villemartin avec les formations paléozoïques au N. E., donne une idée assez inexacte de l'accident ; les couches étirées se retrouvent en son milieu ; les diorites, en particulier, existent entre St-Bonnet-des-Bruyères et les Canards.

Je ferai la même remarque pour le Nord du lambeau de Matour et sa liaison avec le lambeau de Trambly ; les couches de ce dernier ne sont plus N. N. E., mais bien N.-S. ; elles ont subi un fort étranglement entre Font-Pelly et Trambly et ne reprennent plus leur direction première ; au S. E. de Font-Pelly, dans la montée au-dessus de St-Léger, les couches schisteuses et surtout arkosiennes, inférieures aux tufs, paraissent plus largement développées qu'à l'Est de St-Pierre-le-Vieux, où nous les avons déjà rencontrées ; elles contiennent, à leur partie supérieure, de fins nodules calcaires (à St-Léger) ; on les suit sur la rive droite de la Grosne entre la halte de Pari-Gagné et Trambly ; j'ai trouvé dans leur partie supérieure un banc de calcaire noir, avec débris fossilifères peu déterminables, que l'on peut voir sur 500 m. du Sud au Nord dans le vallon Est des Perrières (à 400 m. à l'E. de Trambly). Il est probable que ce banc de calcaire est un témoin du Viséen inférieur. Le lambeau de Trambly comporte vers l'Ouest une succession de schistes et de grès (avec une intercalation de poudingues à faciès tournaisien, au col du Châtelet), puis des cornes amphiboliques et des diorites dévoniennes.

Au point de vue tectonique, il semble que l'on n'ait plus à faire ici qu'à un anticlinal. Il faut tenir compte du flottement d'un grand lambeau de schistes maclifères à l'Ouest des diorites de Matour ; ces schistes bordent au Nord le massif microgranulitique de Dhun et s'enfoncent vers Matour en plein granite. Ils représentent vraisemblablement la retombée de cet anticlinal vers le Nord Ouest.

Certaines particularités différencient ces derniers lambeaux des précédents :

1° L'absence du niveau des poudingues viséens, immédiatement inférieurs aux tufs microgranulitiques ; ce niveau de poudingues, si régulièrement développé à Régny, à Montagny, et jusqu'à St-Bonnet-le-Troncy, se montre déjà en voie de disparition à Azolette et Propières ;

2o La réduction du niveau schisto-calcaire, viséen inférieur, qui est atrophié à St-Pierre-le-Vieux et faiblement développé à l'Est de Trambly;

3o Le grand développement du Dévonien que les accidents tectoniques et l'érosion amènent plus largement au jour depuis le lambeau d'Azolette jusqu'à celui de Trambly.

Lambeau de l'Ardoisière. — J'ai dit plus haut combien les formations primaires antérieures aux tufs microgranulitiques se montraient plus largement et plus régulièrement développées dans la partie du faisceau comprise à l'Est de la vallée de la Loire que dans celle qui s'intercale entre les vallées de la Loire et de l'Allier. Ici, en effet, le métamorphisme, les bouleversements et l'érosion les ont réduites à quelques lambeaux isolés. Ce sont ceux de l'Ardoisière, près Cusset, de Ferrières, de Laprugne et des Essarts. Ces lambeaux affectent, dans leur ensemble, une direction O. N. O. ; on verra cependant que la direction des couches, dans chacun d'eux pris séparément, est N. N. E., par conséquent varisque, comme dans la partie du faisceau comprise entre la Loire et la Saône ; l'apparente direction armoricaine qu'affecte au milieu du granite l'ensemble des lambeaux, provient d'une série de décrochements vers le N. N. O. qui s'exercent non plus sur les lèvres N. E., mais bien sur les lèvres S. O. ; de telle façon qu'à l'Ouest comme à l'Est de la tranche Néronde, Régny, restée la plus méridionale, les tranches voisines sont toutes rejetées en escaliers inverses vers le N. N. O., donnant à la partie du faisceau qui traverse le Forez une fausse direction armoricaine et ne faisant qu'accentuer vers le N. N. E. la direction naturellement varisque de la partie qui traverse les monts du Lyonnais et du Beaujolais. Ce n'est qu'après la traversée de la grande écharpe N. N. E. houillère du Plateau Central, que les couches du faisceau prennent une direction vraiment armoricaine (Chat-Cros près Evaux).

Sur environ 10 km. de longueur de l'Ouest à l'Est et 5 à 6 du Nord au Sud, affleurent entre Cusset et Arronnes des formations dinantiennes et inférieures. La rivière du Sichon les recoupe en biais et y creuse une vallée profonde et pittoresque, fréquentée par les touristes (restaurant de l'Ardoisière).

Murchison dès 1850 [7] y découvrit l'existence d'une faune dinantienne dont Julien compléta l'étude en 1872 [15, p. 213]. Des coupes schématiques du lambeau furent données par ces deux auteurs. Sur la feuille de Gannat [77], on en trouve des contours détaillés et précis. Murchison y descendait le Carbonifère jusque dans la masse schisteuse, inférieure aux poudingues, au sommet desquels affleurent les couches fossilifères dinantiennes. Il était en cela plus près de la vérité que Julien qui soutint en 1896 que cette masse schisteuse appartenait à une série cambrienne discordante, inférieure aux poudingues.

M. de Launay [77] ne voulant pas préjuger de l'âge des granites du Forez, mais pressentant leur rajeunissement probable, prit, pour les formations métamorphisées de la base, la notation *dx* (Dévonien possible), pour la masse schisteuse intacte (Cambrien de Julien) la notation *dh*, indiquant le doute entre le Dévonien et le Carbonifère.

La succession des formations, en commençant par le sommet, est la suivante (fig. 33).

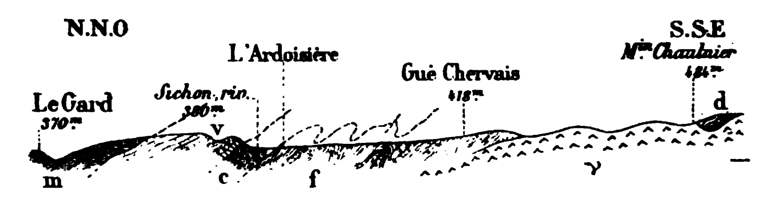


Fig. 33. — Coupe schématique au N. N. O. de l'Ardoisière et vers Arronnes.

m. tufs microgranulitiques, v. grés calcarifères bleutés, schistes et grés fossilifères viséens, calcaires et pondingues à galets de calcaire, c. poudingues à galets de quartzite, schistes tournaisiens, f. schistes psammitiques avec bancs gréseux à plantes, famenniens? d. cornes amphiboliques, frasniennes ? Echelle 65.000e (hauteurs amplifiées 5 fois).

Les tufs microgranulitiques forment une bande E.-O., légèrement N. E, correspondant à un axe synclinal ; quelques affleurements plus anciens, très déchiquetés par le granite, indiquent en effet vers le Nord une remontée anticlinale (vers Guillermière) ; au Sud, les tufs cessent insensiblement suivant une ligne E.-O. passant par la Grivas, les Bardels et Molles, et laissent apparaître des grès arkosiens gris bleu, très compacts, avec alternances de schistes noirs. Ces grès arkosiens sont calcarifères. La route de Cusset à Arronnes les traverse sur 2 km 500, entre le moulin du Capitan et le pont de fer sur le Sichon ; leur épaisseur, en apparence, atteint 1.000 m. ; mais ils sont très plissés et faillés et ce chiffre doit être réduit des deux tiers environ.

Ces grès deviennent à leur base (sur 50 m. d'épaisseur) moins compacts et plus schisteux ; ils contiennent alors la faune relativement riche, étudiée par Julien et dont le gisement se trouve sur le chemin de montée aux Chabannes qui part du pont de fer, jeté sur le Sichon, à 1 km. en aval du restaurant de l'Ardoisière.

Immédiatement sous ces schistes gréseux fossilifères, existe un niveau de poudingues et de grès qui contient à sa partie supérieure quelques bancs d'un calcaire noir à tiges d'encrines ; ce calcaire forme une petite lentille au Sud du chemin de Chabannes, affleurant en forêt, à 40 m. au-dessus du Sichon, sur sa rive droite ; elle a été l'objet d'une exploitation aujourd'hui abandonnée ; le passage du niveau calcarifère est jalonné vers l'Ouest par un affleurement de poudingue à galets de calcaire sur la rive gauche du Sichon. A 2 km. vers l'Est, j'ai trouvé, sur la route du Gué-Chervais à Molles, un banc calcaire de ce niveau, non indiqué sur les cartes, dans lequel cependant fut ouverte autrefois une carrière ; il se trouve exactement dans le détour que forme le ruisseau de Mancent, au S. O. de Molles. Les poudingues se continuent, sous ce niveau calcaire, sur une épaisseur considérable de 100 à 200 m. et forment un cordon très prolongé sur les hauteurs de la rive gauche du Sichon (sommets 502 et 490) vers l'Ouest ; le Sichon les traverse en cluse abrupte, entre le pont de fer et

l'Ardoisière ; ils occupent le sommet 499 sur le château de Péroux, puis sont recoupés par la route du Gué-Chervais à Molles, à l'Ouest du domaine de Bost ; ils s'infléchissent alors vers le Sud (au sommet 475, à l'Ouest de la Chapelle) et sont étirés par le décrochement qui sépare le lambeau de l'Ardoisière de celui de Ferrières. Ces poudingues sont à pâte quartziteuse et ne contiennent de galets de calcaire qu'à leur partie tout à fait supérieure ; ils sont riches en galets de quartz, d'arkoses et de quartzites lustrés à cassure brillante et présentent quelquefois des galets de porphyrites.

Les conclusions de Julien, au point de vue paléontologique, sont que la base des schistes et grès arkosiens gris bleu (calcschistes et grès) représente exactement le niveau des calcaires gris de Régny (Viséen inférieur, V_1 de la carte de Belgique) ; mais pour lui, alors que la faune de Régny a un caractère vaseux (alternances schisteuses, abondance des algues), celle de l'Ardoisière a un faciès quasi récifal, ou mieux de destruction de récifs (poudingues et grès quartzeux) ; dans des eaux limpides abondaient les polypiers constructeurs (*Lithostrotion*, *Diphyphyllum*, *Syringopora*), accompagnés de polypiers simples (*Amplexus*) d'Hydrozoaires, de Bryozoaires, d'Echinides nombreux (*Archæocidaris*, *Palæchinus*, *Pholidocidaris*) avec de grands *Productus* (*Prod. Giganteus* Mart., *Prod. corrugatus* d'Orb.), le *Spirifer bisulcatus* Sow., et des Tribolites (*Phillipsia Eichwaldi* Fisch.).

Dans le marbre noir, en lentilles conservées au sommet des poudingues, immédiatement inférieur au niveau précédent, Julien vit l'analogue du marbre belge des Pauquys à Hydrozoaires ; il en fit du Waulsortien ; on sait, par des travaux plus récents de MM. de Lavallée-Poussin et Dewalque, que cet ancien sous-étage n'est qu'un faciès coralligène latéral, à rattacher soit au Tournaisien supérieur, soit au Viséen inférieur.

Des plaques minces m'ont permis de découvrir dans le calcaire de l'Ardoisière, à côté de sections de polypiers, des Foraminifères identiques à ceux du marbre noir de Régny (*Endothyra*, *Valvulina*). Il n'y a pas lieu de le séparer du niveau fossilifère des schistes et des grès, immédiatement supérieurs, l'ensemble constituant la base du Viséen.

La grande masse des poudingues inférieurs doit, dans ces conditions, correspondre au Tournaisien.

Au-dessous de ces poudingues et sans discordance de stratification, se rencontrent des schistes gris foncé, psammitiques, très fissiles, contenant quelques intercalations de grès à plantes. Ils forment une série épaisse, mais dans laquelle les plis et replis sont multiples. On les suit depuis l'Ardoisière jusqu'au delà du Gué-Chervais sur la route d'Arronnes, et depuis le vallon du Bost jusqu'au même gué sur la route de Molles. Je signalerai la présence de débris végétaux à 100 m. à l'Ouest de l'Ardoisière sur la grande route et en trois points sur la route de Molles, avant Chervais. Ce sont ces schistes psammitiques que Julien a cru cambriens. Ils appartiennent pour moi au Famennien ; ils deviennent au Sud micacés, maclifères et feldspathisés, de même vers l'Est, aux environs de La Chapelle. M. de Launay indique au Moulin-Chaulnier vers le S. E.,

au milieu de roches très feldspathisées et gneissifiées, le passage d'une corne verte (dirigée E. N.E.) amphibolique, passant à la diabase. La série apparaît donc ici complète et telle que nous l'avons vue sur la rive droite de la Loire; le Dévonien est révélé à la base par des roches dioritiques. Une difficulté subsiste cependant : c'est la délimitation précise entre le Famennien et le Tournaisien; on pourrait, en effet, faire rentrer dans le Tournaisien une partie des schistes psammitiques avec intercalations de grès à plantes, immédiatement inférieurs au poudingue. La présence de végétaux en débris informes ne suffit pas pour trancher cette question.

Il est intéressant de noter qu'à l'inverse de ce que l'on constate à Régny et à Montagny, la période où l'érosion s'est manifestée avec le plus d'intensité, indiquée par les bancs de poudingues, se place ici au Tournaisien, au-dessous des calcaires du Viséen inférieur et non au-dessus d'eux. Il n'y a pas ici de bancs de poudingues entre les calcaires et les tufs microgranulitiques, mais seulement des niveaux schisto-gréseux et gréseux, indiquant un régime côtier avec courants peu intenses, au voisinage de rivages sans falaises.

La transgression marine, d'ailleurs légère et de courte durée, que dénotent les calcaires du Viséen inférieur, paraît avoir fait suite à une émersion tournaisienne considérable; cette transgression a été suivie par une régression fort lente (grande épaisseur des grès bleutés) qui a précédé l'émersion définitive, correspondant aux dépôts des tufs microgranulitiques.

Lambeau de Ferrières. — Au lambeau de l'Ardoisière fait suite, vers le S. E., au milieu du granite, celui de Ferrières; il est allongé dans le sens S.E.-N.O., transversalement à la direction E. N.E. des couches, par suite des failles et décrochements N. E. du Forez. Quelques auteurs se sont occupés de ce lambeau, mais leurs conclusions ne concordent pas. Je ne m'arrêterai pas aux indications sommaires de Boulanger [4, p. 102], ni à celles de Jourdan qui découvrit la présence de fossiles dans les grés de Ferrières; j'indiquerai seulement la succession établie par Julien [79] à l'aide de la paléontologie et celle à laquelle fut conduit Le Verrier [67] par l'étude stratigraphique et pétrographique de la région.

Sur un substratum de terrains cristallophylliens et de schistes maclifères cambriens, Julien vit un Carbonifère discordant, comprenant de bas en haut :

1° Des poudingues durs à galets de quartz, de lydiennes et de schistes, identiques à ceux de l'Ardoisière;

2° Des masses lenticulaires de marbre cristallin à encrines et polypiers (*Zaphrentis*) dont il fit l'analogue du calcaire waulsortien belge des Pauquys;

3° Des grès supérieurs, altérés et tendres, près de Ferrières, siliceux et durs près de Chevalrigond, avec la faune du Viséen inférieur (V_1) de Régny :

4° Les tufs orthophyriques.

Le Verrier n'accepta pas l'assimilation des calcaires de Ferrières très cristallins, au niveau carbonifère. Il attribua, avec doute, la série de schistes maclifères et micacés au Dévonien en y comprenant les calcaires qu'il rattachait au sommet de cette série; au-dessous, il rangeait les schistes feldspathisés et

amphiboliques avec un âge non défini, au-dessus, et en discordance, le Carbonifère, réduit au poudingue et au quartzite de la base des tufs du Culm ; il y aurait eu, pour lui, lacune des schistes argileux et des calcaires viséens.

La coupe que j'ai relevée depuis Chevalrigond jusqu'à Ferrières et Lavoine, par Matichard (fig. 34), me conduit à comprendre la succession stratigraphique

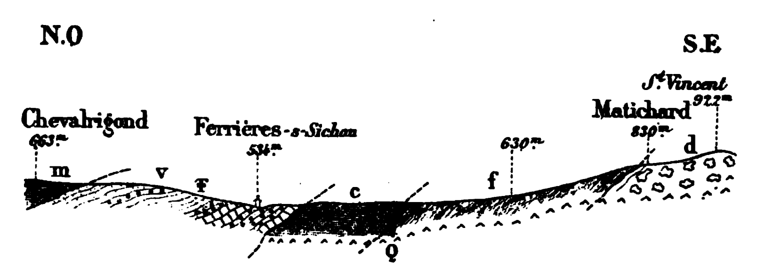


Fig. 34. — Coupe schématique du lambeau de Ferrières.

m. tufs microgranulitiques, v. viséen, grés blancs fossilifères, poudingues à galets de calcaire ; calcaires entremêlés de bancs arkosiens et de poudingues, c. Tournaisien, schistes maclifères, poudingues métamorphisés, f. Famennien, schistes maclifères et feldspathisés, d. cornes amphiboliques et diorites, gisement fossilifère dans les arkoses blanches viséennes. Echelle 70.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

du lambeau de la manière suivante : les tufs microgranulitiques affleurent aux environs de Chevalrigond ; ils passent à leur base à des grès arkosiens silicifiés et à des quartzites, contenant quelques galets de quartz, de quartzites, de calcaire et de granite (à 200 m. à l'Est de la bifurcation du chemin de Lachaux) ; c'est dans ce niveau gréseux que se rencontre la faune viséenne (V_1) étudiée par Julien ; il correspond exactement au niveau des schistes fossilifères et des grès bleutés de l'Ardoisière.

A sa base, s'étagent de puissantes lentilles de calcaire cristallin blanc, avec bancs noirs veinés de blanc, atteignant 20 m. d'épaisseur et affleurant suivant deux bandes (E. N.E., pendage N.) ; je n'y ai trouvé que de mauvais débris d'encrines ; au microscope, le calcaire se montre à l'état recristallisé et sans fossiles. Il se rencontre en 6 ou 7 carrières anciennes ou exploitées, au N. O. et à l'E. de Ferrières ; vers le S. O., sur le prolongement des couches, affleure un poudingue à galets de calcaire (route de la Guillermie), à environ 2 km de Ferrières. Il faut comparer ces calcaires à ceux de l'Ardoisière ; leur situation statigraphique est tout à fait analogue ; ils sont, pour moi, à la base du Viséen.

Le banc le plus méridional repose sur une puissante masse de poudingues et de schistes, jusqu'au sommet de laquelle le métamorphisme du granite paraît s'être exercé ; les poudingues sont à pâte micacée et maclifère, et rappellent tout à fait ceux des bois de Luzy ; je les crois tournaisiens ; plus au S.E., depuis le filon de quartz des « Souches » jusqu'à 200 m. à l'Ouest de Matichard, la route reste constamment dans des schistes maclifères, avec, par place, des couches psammitiques intactes. C'est la reproduction exacte des schistes inférieurs de l'Ardoisière, mais avec un métamorphisme plus général et montant plus haut

dans la série. Il s'agit ici de couches de la base du Tournaisien, ou mieux du Famennien.

Dès les premières maisons de Matichard, les schistes deviennent amphiboliques ; sur la route, 100 m. plus vers l'Est, affleurent des diorites et des diabases, qui forment les hauteurs du roc Saint-Vincent qu'elles tapissent de grands blocs épars (roches des Fées) ; des cornes feldspathisées séparent ces dernières du granite de Lavoine.

Aucune discordance de stratification ne peut être relevée le long de cette coupe, et rien ne s'oppose à ce que les roches amphiboliques et les diorites de Matichard soient considérées comme résultant du métamorphisme de calcaires dévoniens, analogues à ceux de Diou.

La succession des formations dévoniennes et carbonifères apparaît, d'après la description qui précède, comme parfaitement identique à celle de l'Ardoisière. Il est cependant un fait très particulier au lambeau de Ferrières : l'action métamorphisante du granite se manifeste beaucoup plus haut dans la série stratigraphique qu'à l'Ardoisière ; le Famennien probable y est, en grande partie, intact ; ici, non seulement ce Famennien est complètement transformé en schistes maclifères, mais encore les poudingues tournaisiens et leurs intercalations schisteuses sont métamorphisées jusqu'en haut.

Les premiers niveaux calcaires, qui se montrent au sommet de ces poudingues, paraissent même pincés dans les formations métamorphisées ; sur le chemin qui remonte du lavoir de Ferrières vers la route de Matichard, un banc calcaire a l'air de s'engager entre des couches de schistes maclifères ; de même, sur la route du Mayet-de-Montagne, à 800 m. de Ferrières, un poudingue métamorphisé semble supérieur à un premier banc calcaire. Dès lors, on comprend les hésitations de Le Verrier qui vieillit ces niveaux et en fit des représentants du Dévonien. Une autre hypothèse pouvait être proposée : celle d'un métamorphisme remontant dans le Dinantien jusqu'au delà des niveaux calcaires viséens. Mais rien n'autorise jusqu'à présent à l'avancer avec de suffisantes raisons : le calcaire lui-même, quoique très cristallin, ne paraît en aucun point réellement métamorphisé par le granite et l'enchevêtrement de ses couches de base avec des schistes et poudingues maclifères, peut s'expliquer par la multiplicité des décrochements et des torsions que nous savons les accompagner. Il serait d'autre part bien surprenant que la mise en place du granite, qui partout ailleurs dans le Morvan et dans la Loire s'est terminée au Tournaisien, se soit, aux environs de Ferrières seulement, prolongée jusqu'au Viséen.

D'ailleurs, les poudingues immédiatement supérieurs contiennent des galets de granite.

Environs de Laprugne et des Essarts. Liaison entre les lambeaux précédents et ceux de Régny, Montagny. — Les lambeaux de Laprugne et des Essarts sont très réduits et disloqués. Je les cite ici afin d'établir, autant que possible, la relation tectonique existant entre les deux lambeaux de l'Ardoisière et de Ferrières, et ceux de Régny et Montagny.

Je rappellerai que Le Verrier signale un lambeau de calcaire bréchiforme

analogue à celui de Régny, immédiatement sous les tufs, à l'Est des Essarts, (route de Roanne à Saint-Just-en-Chevalet).

La grande masse de microgranulite du Bois-Vague, Arçon, qui paraît interstratifiée, parallèlement à la direction moyenne des plissemnts hercyniens, est bordée au Nord par le lambeau de Laprugne, au Sud par les lambeaux des Essarts, Arpheuille et des « Cloux » ; elle jalonne un synclinal; si l'on tient compte des rejets, dus aux décrochements vers le N. O., à l'Est et à l'Ouest de la tranche Régny, Néronde, restée la plus méridionale du faisceau, on admettra aisément que ce synclinal correspond à celui de la Gresle et de Cours qui borde, au Nord, l'anticlinal de Fenouillet, Paton ; le calcaire bréchiforme des Essarts correspond donc au niveau de poudingues à galets de calcaire viséen, immédiatement inférieur aux tufs de la Gresle.

Le soubassement de schistes amphiboliques des environs de Chambodut et de Couzilly, développés au Sud des Essarts, jalonne un axe anticlinal, prolongement de celui de Fenouillet, Paton.

Il est probable que, dans le lambeau de Ferrières, l'anticlinal jalonné par les diorites de Matichard est la suite de ce dernier, décroché de 10 km. vers le N. N. O ; le synclinal des tufs de Chevalrigond serait alors la suite de celui de Bois-Vague, Arçon, c'est-à-dire de celui de la Gresle, Cours. De même, au sein du lambeau de l'Ardoisière, on retrouve le prolongement de ces deux axes tectoniques, décrochés encore d'environ 10 km. vers le N. N. O., dans l'anticlinal des roches amphiboliques du Moulin-Chaulnier, au S. E. du lambeau, et dans le synclinal des tufs de la Grivas, les Bardels, au Nord.

Un ou plusieurs nouveaux anticlinaux sont indiqués vers le Nord par l'existence, au milieu du granite, de lambeaux, malheureusement très discontinus et réduits, de formations métamorphisées. Il serait illusoire de chercher à en préciser le tracé.

Il semble donc, en résumé, que les axes tectoniques des lambeaux de Ferrières et de l'Ardoisière, lambeaux fortement décrochés et isolés du reste du faisceau synclinal, à l'Ouest du grand accident, depuis longtemps désigné sous le nom de faille du Forez, sont la suite des plissements reconnus sur la bordure Nord du faisceau, en particulier aux environs de Montagny. L'étude des environs de Laprugne et des Essarts permet d'établir cette relation.

BORDURE MÉRIDIONALE DU FAISCEAU DE LA LOIRE

Environs de Saint-Germain-Laval. — Tout au voisinage du bassin tertiaire de Montbrison affleure un banc de calcaire viséen, au milieu des formations dinantiennes et antérieures ; mais ici, les dislocations ont atteint une telle intensité que la stratigraphie locale, encore incomplètement débrouillée d'ailleurs, ne nous offrira pas une succession suffisamment complète pour servir à l'étude générale que nous poursuivons. Toutefois, ce calcaire fossilifère viséen n'en est

pas moins un jalon précieux, le seul existant sur la bordure Sud du faisceau synclinal, à l'Ouest du bassin de Montbrison. Des carrières y sont ouvertes entre Saint-Germain-Laval et Saint-Julien d'Oddes, plus près de ce dernier village. Les couches ont une direction N. N. E. avec pendage vers l'E. S. E. ; on trouve à leur base des poudingues à galets de quartz et de quartzites, à leur sommet des schistes et des tufs.

Le soubassement des poudingues apparaît sur la route de Grésolles ; il est constitué par des schistes micacés, puis par des cornes amphiboliques.

Grüner [10, p 387] signale l'existence de fossiles dans les calcaires de Saint-Germain-Laval. Julien y a recueilli une vingtaine d'espèces, pour la plupart viséennes [79, p. 205]. Les plaques minces m'ont permis d'y trouver les Foraminifères viséens déjà signalés (*Endothyra* sp., *Valvulina* sp , *Nodosinella* sp.).

Nous retiendrons donc des environs de Saint-Germain-Laval, que le flanc Sud du faisceau synclinal, à l'Ouest du seuil de Roanne présente une bordure plissée de couches antérieures aux tufs microgranulitiques, avec apparition d'un banc de calcaire, certainement viséen, supérieur à des formations riches en cornes vertes et en roches amphiboliques (avec cipolin, Moulin-Philippon).

Environs de Néronde, Bussière, Violay, — Le bord Sud du faisceau présente à l'Est du bassin tertiaire de Montbrison et jusqu'à Tarare la succession des terrains antérieurs aux tufs microgranulitiques avec des caractères particuliers que nous n'avons pas encore rencontrés jusqu'ici.

La continuité des formations, dans la longueur, s'affirme sur plus de 15 km. de Balbigny, Néronde, à Joux, Tarare, sans affaissements, ni décrochements appréciables. Voici l'ensemble des successions relevées dans les coupes transversales de Néronde, de Montmain, de Violay, en allant du N. O. au S. E. A la base des tufs microgranulitiques, on rencontre des grès blancs arkosiens ou micacés, avec intercalations de tufs ; ces grès prennent une grande extension autour de Sainte-Colombe ; la route qui vient de Néronde les longe depuis le château de Chenevoux.

Cet ensemble de tufs et de grès repose sur une série de schistes, gris verdâtre, entremêlés de bancs d'arkoses et de poudingues, faciles à étudier sur la route de Balbigny à Néronde ou sur celle de Sainte-Colombe à Montmain ; à leur base, les bancs de poudingues se multiplient et forment un niveau très constant. Ces poudingues sont immédiatement supérieurs aux calcaires viséens ; ils sont riches en galets de calcaire, de quartzites à faciès tournaisien, de roches métamorphisées et granitoïdes. Je les ai retrouvés au sommet de toutes les carrières de calcaire des environs de Néronde et au-dessus des calcaires de Montmain, sur la route de Violay à Joux.

Les calcaires gris bleu foncé, à faune viséenne, affleurent en de nombreux pointements, alignés dans une direction N. 50° à 60° E., immédiatement sous les poudingues ; ils forment plusieurs lentilles, épaisses de 20 à 30 m., reliées par des bancs fort minces ou simplement par des brèches ou des poudingues calcarifères, affectant ainsi une allure en chapelet. Cinq carrières, anciennes ou encore exploitées, y sont ouvertes entre la Chapelle et la Fay, au N. E.

de Néronde; deux autres entaillent, au Nord et à l'Est, la butte du Colombel. Une brèche calcaire transparaît sur la route de Bussière à Sainte-Colombe, à l'éperon du bois de la Chaux. En continuant vers l'E. N. E., on rencontre une forte lentille calcaire au Sud de Chatelut; mais à Montmain, l'importance des calcaires va rapidement en décroissant et sur la route de Violay à Joux le niveau n'est plus jalonné que par des poudingues à galets de calcaire.

La faune étudiée par Julien [79, p. 197, 199], dans les carrières de Néronde et à Montmain, est, pour lui, la même que celle de Régny, c'est-à-dire du Viséen (V_1). Je signalerai la présence indubitable de Goniatites dans les carrières de La Chapelle (sur Néronde) ; malheureusement je n'ai pu recueillir que des sections, qui ne m'ont permis aucune détermination précise.

La faune des Foraminifères viséens se retrouve dans les calcaires de Néronde et de Montmain (*Endothyra* sp., *Nodosinella* sp.).

A la base des calcaires s'étagent des schistes psammitiques, mêlés de bancs de grès à plantes et de poudingues à galets de quartz et de quartzites. Ils appartiennent vraisemblablement au Tournaisien. Le premier kilomètre de la route de Bussière à Sainte-Colombe en offre une bonne coupe. A Montmain les calcaires reposent sur de minces bancs arkosiens, directement assis sur le substratum de terrains métamorphisés. Les phénomènes de métamorphisme se manifestent brusquement dans ces schistes et grès, inférieurs au calcaire, par l'apparition de roches à aspect gneissique ; ce sont des cornes feldspathisées, injectées de granite (par juxtaposition). On peut étudier cette brusque transition à la Frénée entre Néronde et Chindo, à Bussière (sur la route de Sainte-Colombe), à l'Est de Montmain (sous aux Combes) et sur la route de Violay à Joux, vers le Gros.

Au milieu de ces cornes feldspathisées et gneissifiées affleurent des cornes amphiboliques, passant à des diorites; elles me paraissent représenter ici encore le Dévonien; elles forment des lentilles plus ou moins larges, allongées vers le N. E. et s'alignant assez régulièrement suivant une bande unique. La vallée qui descend de Bussières vers Pouilly-les-Feurs en a décapé de nombreux pointements (en particulier sous Chindo). Alors qu'au S. E de Néronde, ces roches amphiboliques sont distantes de la couche viséenne calcaire d'environ 1 km., au S. E. de Montmain, où elles réapparaissent, elles n'en sont plus qu'à 100 m. environ; leur affleurement est légèrement oblique à celui des calcaires ; on les retrouve sur la route de Violay à Joux, près de Michaud et à la Truche, à 300 m. de la limite du Viséen qui débute ici par des poudingues à galets de quartzites, de cornes feldspathisées et amphiboliques, contemporains du calcaire de Néronde.

Au S. E. de ces formations, le gneiss franc couvre une assez grande surface, percée d'amphibolites et encore séparée du massif granitique de Saint Laurent-du-Chalmousset, le Bois d'Oingt, par une nouvelle bande N. E. de cornes feldspathisées.

La succession nous apparaît, en résumé, la suivante, dans cette zone N. E. Néronde, Violay, Joux (de haut en bas) :

VISÉEN	Tufs microgranulitiques et grès blancs. Schistes et grès arkosiens. Poudingues à éléments calcaires et granitiques. Calcaires fossilifères. Grès et poudingues à éléments granitiques.
TOURNAISIEN	Schistes, arkoses à plantes avec quelques poudingues à galets de quartzites. Cornes feldspathisées gneissifiées.
DÉVONIEN SUPÉRIEUR SUBSTRATUM ?	Cornes amphiboliques gneissifiées, diorites. Gneiss.

Cette succession rappelle donc entièrement celle relevée sur la bordure Nord du faisceau, jusqu'à Ferrières et l'Ardoisière Elle offre cependant quelques caractères spéciaux sur lesquels il est bon de revenir.

A la partie supérieure, dans le Viséen, au-dessus des calcaires de Néronde, nous avons constaté qu'il existe une épaisseur assez considérable de schistes et de grès, qui dénote, ainsi qu'à l'Ardoisière et à Ferrières, un séjour assez prolongé de la mer avant l'émersion définitive, marquée par les dépôts de projection des tufs microgranulitiques On se souvient que vers Régny, Montagny et Propières, les tufs sont, au contraire, très voisins des calcaires, n'en étant séparés que par des poudingues ; l'émersion définitive a suivi de plus près le dépôt des calcaires.

Le Viséen apparaît, comme partout, absolument indemne de métamorphisme ; il contient même dès sa base des poudingues à galets de roches métamorphisées. Il est transgressif sur des formations antérieures métamorphisées.

Est-ce à dire qu'il repose en discordance marquée de stratification sur ces formations antérieures ? Les anciens auteurs ont généralement soutenu cette théorie. Grüner nous montre dans une coupe passant par Montmain [10, p. 328] que les terrains cristallophylliens ont un pendage vers le N. O. beaucoup plus marqué que les terrains carbonifères. Julien s'appuie sur cette donnée pour affirmer l'absence de toute trace de Tournaisien dans la Loire. Le Verrier croit également à cette discordance de stratification ; mais il distingue des lambeaux de quartzites et de schistes silicifiés qu'il attribue au Dévonien, sous le Dinantien et en concordance avec lui, mais en discordance sur les terrains cristallophylliens. Par certaines constatations, j'aurais eu tendance à suivre l'opinion de mes prédécesseurs. La légère obliquité de la ligne d'affleurements des roches amphiboliques de Chindo à Montmain par rapport à celle du calcaire viséen de Néronde, au même point, la très brusque apparition des phénomènes de métamorphisme, au-dessous et très près de ce calcaire, auraient pu faire songer à une discordance considérable, correspondant à des plis d'un système antérieur de montagne.

Il n'en est rien. Si l'on regarde, en effet, dans leur ensemble, les lignes d'affleurement des différentes formations viséennes, et d'autre part, celles des for-

mations métamorphisées, on les trouve remarquablement parallèlles, dirigées N. 50° E. ; leurs pendages se font régulièrement vers le N. O. ; leurs inclinaisons sont assez variées comme il est naturel dans une région qui a subi les plissements hercyniens et où il a pu se produire des contacts anormaux par glissement ; cependant nous avons constaté à Montmain une quasi-concordance de stratification entre les cornes feldspathisées et amphiboliques inférieures et le Viséen supérieur (fig. 35).

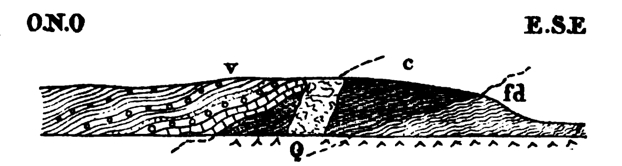


Fig. 35. — Route de Sainte-Colombe à Violay, avant la bifurcation de Bussière (E. de Montmain). Talus montrant la concordance du viséen sur les formations gneissiques.

v. Viséen, calcaires, poudingues, arkoses, schistes, c. Tournaisien, arkoses et schistes métamorphisés et gneissifiés, f.d. Dévonien schistes feldspathisés et amphiboliques, gneissifiés, Q. filon de quart antimonieux. Echelle 10.000e (hauteurs amplifiées 6 fois).

Il ne peut y avoir eu, à la base du Viséen, qu'une discordance de transgressivité. Elle a certainement eu lieu, car la mise en place du granite s'est faite durant le Tournaisien, à une certaine distance en profondeur, et le Viséen, qui contient des galets de granite a eu à décaper les couches tournaisiennes restées intactes en surface. pour atteindre celles métamorphisées et les remanier. D'ailleurs il ne faut pas exagérer l'épaisseur du Tournaisien qui a permis au magma granitique de se consolider près de la surface. La naissance de roches quartzifères dans le dôme de la montagne Pelée a montré sous quelle faible épaisseur de protection le quartz peut se développer dans les roches éruptives.

Le Tournaisien paraît représenté ici par certains schistes et grès à plantes (Bussière) et par une partie des cornes feldspathisées gneissifiées, l'autre partie de ces cornes représentant probablement le Famennien. Le Frasnien et peut-être des niveaux calcaires antérieurs apparaissent sous forme de cornes amphiboliques et de diorites qui cependant occupent toujours la même place dans la série des formations. Le Verrier a représenté ces dernières formations d'une manière trop compréhensive sur la feuille de Montbrison ; si les lentilles de ces roches sont abondantes en bordure du gneiss, à l'Est de Néronde, elles sont loin d'occuper autant de place que les cornes feldspathisées au milieu desquelles elles apparaissent. Elles se sont formées par exomorphisme ou endomorphisme de bancs calcaires dévoniens, moins continus que ne paraît l'indiquer le figuré de la carte.

On remarque que le métamorphisme n'a plus ici l'allure tranquille que l'on constate sur la bordure Nord du faisceau de la Loire ou dans le faisceau du Morvan. La naissance de larges auréoles de schistes micacés, maclifères, puis de

schistes feldspathisés, avec conservation de l'ancienne stratification, par action de fumerolles granitiques à distance, dans des conditions de tranquillité relative (superposition) est remplacée ici par une brusque apparition, au milieu de formations intactes (lambeaux de Tournaisien schisteux et gréseux, conservés), de roches métamorphisées à aspect gneissique, avec injection granitique par lits minces (juxtaposition). Il semble que la mise en place du granite par simple digestion des roches sédimentaires, lentement descendues dans les géosynclinaux, ait été remplacée ici par une mise en place par digestion encore, mais accompagnée de déplacements du magma qui serait monté de la profondeur.

Cette apparence gneissique est générale dans les formations métamorphisées de la bordure Sud du faisceau. Elle accompagne d'ailleurs la présence d'une bande de gneiss qui précède au S. E. le granite.

Environs de Tarare, *Saint-Clément*, *Létra*, *Affoux*, *Le Gouget*. — La région dans laquelle nous entrons, en continuant d'avancer vers le N. E., sur la bordure méridionale du faisceau, est, à ce point, bouleversée par les failles en relation avec l'effondrement du Rhône, que les coupes y deviennent complexes et quelquefois difficiles à interpréter.

Les formations, déjà reconnues, s'y retrouvent cependant et méritent une rapide description.

Sous les tufs microgranulitiques qui présentent fréquemment, à leur base, des grès blancs, arkosiens ou micacés, s'étagent des schistes avec lits arkosiens à plantes, précédant des bancs de poudingues à galets de calcaire viséen.

Le niveau viséen, inférieur aux tufs, ne montre que très rarement des calcaires fossilifères en place : par contre, les galets de ces calcaires y sont partout reconnaissables ; il contient, en outre, des galets de quartzites lustrés, probablement tournaisiens, de quartzites feldspathisés et de cornes amphiboliques, qui prouvent nettement sa postériorité à la mise en place du granite. La route qui descend de Saint-Cyr-de-Valorges, à Joux et Tarare (à 1 km. à l'Ouest de Joux) présente une bonne coupe (fig. 36) de ces poudingues ; les schistes et grès supérieurs sont réduits et se confondent avec les grès blancs de la base des tufs Les poudingues acquièrent une épaisseur de 30 à 40 m., indiquant une érosion assez considérable des couches immédiatement antérieures.

Ces mêmes formations se retrouvent à La Morie au Nord de Joux (sur la route de Roanne à Tarare), à Peisselay (à 5 km. au N. de Tarare); elles couronnent les hauteurs qui entourent Valsonne, s'enfonçant sous les tufs dans le ravin de Dième (où elles transparaissent cependant à Chagnard) et affleurent de nouveau à l'Ouest de Ternant (aux hameaux de Ferat, de Colliard et de Travers), puis à Létra (et vers Lachal).

Une seconde bande des mêmes schistes et poudingues viséens occupe la partie occidentale de la montagne de Tarare (col de la Croix-Paquier), passe dans la ville même de Tarare (faubourg de Gonnet) où elle s'étrangle, se développe à nouveau depuis la station, vers le Sud, en passant au Rochat et à Saint-Marcel ; un mince lambeau étiré de poudingues pleins de galets de gneiss et de roches granitoïdes, certainement de la base du Viséen, se retrouve près du hameau de

Pont, sur la route de Tarare à Feurs, au voisinage des lambeaux calcaires du Gouget et d'Affoux. Julien a reconnu dans ces calcaires l'existence de polypiers (*Zaphrentis*). C'est, pour lui, du Viséen inférieur.

Au-dessous du niveau viséen ainsi défini, s'étagent des schistes et quartzites feldspathisés, des cornes amphiboliques, roches généralement très gneissifiées et affectant un faciès ancien. Aussi mes prédécesseurs les ont-ils considérées comme précambriennes. Elles représentent pour moi le Dévonien supérieur. Les brusques discordances apparentes entre le Viséen et ces roches sont dues à des failles ; partout où l'on voit réellement la succession normale, les discordances, très faibles, sont dues à de légères transgressions.

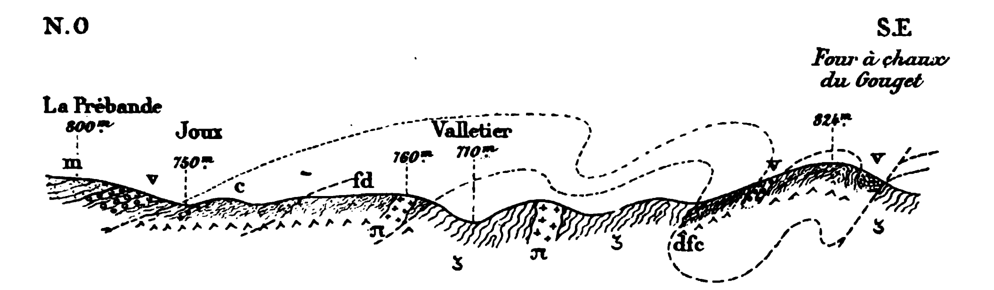


Fig. 36. — Coupe schématique entre Joux et le Gouget.

m. tufs microgranulitiques, v. Viséen, poudingues à galets de calcaire et de roches granitoïdes, c. schistes micacés, maclifères et feldspathisés, poudingues métamorphisés, f.d. Dévonien, formations schisteuses très gneissifiées, π. microgranulite, ζ. gneiss Echelle 70.000e (hauteurs amplifiées 2 fois).

Au fond de la vallée de Valsonne, on trouve à 1 km. à l'Ouest de Saint-Clément, sous les hauteurs de la Rotodière, une carrière ouverte dans des poudingues très métamorphisés, feldspathisés et amphiboliques, alternant avec des cornes amphiboliques ; ces roches rappellent absolument les poudingues métamorphisés, tournaisiens, du Mont-Beuvray, dans le Morvan ; en s'élevant vers le col de Perroux on arrive dans les schistes, les grès à plantes et les poudingues à galets de calcaire du Viséen ; ces formations reposent sans discordance réelle sur les précédentes. Des poudingues, analogues à ceux de la carrière de Saint-Clément, ont été signalés par M. Michel-Lévy à 2 km. à l'Ouest de Tarare, sur la route de Roanne. Je les ai retrouvés vers le N. E., à 200 m. de Létra, dans le vallon de Sornel.

Les bancs de calcaire cipolin, depuis longtemps signalés au Mont-Jonc et à Ternant, qui apparaissent au milieu de schistes micacés et amphiboliques, gneissifiés, parallèlement à la direction moyenne N. E. des couches viséennes, sont à rapporter au Dévonien. De grandes masses de cornes amphiboliques, passant aux diorites et vraisemblablement dévoniennes, transparaissent au Nord de Tarare, à l'Est des formations précédentes.

Au point de vue tectonique, on remarquera la régularité de la bordure

viséenne, qui se suit depuis Néronde jusqu'à l'Ouest de Joux, à Peisselay et sur les hauteurs de Valsonne et de Létra. Au S. E. de cette bordure viséenne se dessine entre Affoux et Saint-Clément un premier anticlinal très resserré (N. N. E.) passant à l'Ouest de Saint-Marcel et de Tarare; il est brusquement interrompu à Saint-Clément, contre les tufs, par une faille transversale probable.

Cet anticlinal est longé au S. E. par un synclinal de tufs et de poudingues viséens, passant par la montagne de Tarare, Saint-Marcel et se perdant dans les gneiss, vers Affoux.

Ces plissements secondaires ne se suivent pas vers le N. E. au delà d'une ligne transversale N. O. passant par Valsonne, Saint-Clément, ligne qui correspond à un affaissement transversal des axes; les tufs affleurent, en effet, jusqu'au fond de la vallée de Dième sur toute sa longueur.

Environs de Saint-Cyr-le-Chatoux, Marchampt, Beaujeu, Pruzilly. — Les formations dinantiennes et viséennes se suivent plus au N. E. sur la bordure S. E. du faisceau ; mais les décrochements vers le N. O. que nous avons relevés sur la bordure septentrionale, se retrouvent ici, produisant des rejets de 4 à 6 km., accompagnés de filons de quartz N. O.

Au Nord de Létra, Chamelet, on trouve un premier rejet, avec étirement des couches, qui reporte vers « Bœuf » le Viséen ; il correspond au jeu de fractures de la vallée d'Azergues. Les schistes amphiboliques et les diorites (Dévonien) forment, au-dessous du Viséen, une bande largement développée (Saint-Cyr-le-Chatoux).

Les décrochements et torsions se reproduisent au Sud de Marchampt, au Nord de Beaujeu, vers Pruzilly. Mais leur importance paraît aller en diminuant.

Les formations dinantiennes, inférieures aux tufs microgranulitiques, se montrent de plus en plus irrégulières et rares ; les tufs apparaissent fréquemment, par suite de glissements tangentiels des couches, sans interposition de Viséen ni de Tournaisien, sur les schistes amphiboliques et les diorites dévoniennes qui constituent, par contre, un cordon remarquablement régulier en bordure de la voûte anticlinale granitique d'Odenas et de Fleurie, continuation de celle de Chambost et des Olmes (Chaîne du Pellerat), vers le N. E.

De l'autre côté de ce massif granitique qui limite au S. et au S. E. le faisceau synclinal de la Loire, se retrouvent les vestiges d'un faisceau synclinal nouveau dans lequel les mêmes formations occupent les mêmes niveaux ; le flottement dioritique célèbre du Pellerat doit être ainsi considéré comme Dévonien. Il est remarquable qu'aux environs d'Ancis le granite du Pellerat se charge d'amphibole, au voisinage des diorites et diabases endomorphes, comme celui de Beaujeu au contact des diorites et diabases de la montagne d'Avenas.

RÉSUMÉ SUR LE FAISCEAU SYNCLINAL DE LA LOIRE

1° Stratigraphie. — Un coup d'œil d'ensemble, jeté sur les différentes régions que nous venons de parcourir dans ce faisceau de la Loire, permet d'exposer quelques notions d'ordre général.

La sédimentation paraît y avoir été continue, au moins durant le Dévonien et le Dinantien qui y sont seuls existants ; les formations primaires antérieures ont dû s'y accumuler également ; mais le métamorphisme du granite les a complètement digérées et transformées, soit en granite, soit en roches gneissiques.

Les mers dévoniennes, particulièrement riches en organismes calcaires, ont déposé de grandes épaisseurs de sédiments calcaires qui nous apparaissent aujourd'hui sous la forme de grandes masses de cornes amphiboliques et de diorites, nées de l'exomorphisme et de l'endomorphisme du granite.

C'est au Tournaisien que se sont manifestés les premiers symptômes de régression de la mer ; des cordons littoraux y ont en effet pris naissance. La période d'émersion correspondante semble avoir été de plus courte durée vers l'Est, dans la région de Montagny et Régny, que vers l'Ouest dans les environs de l'Ardoisière et Ferrières ; ici, en effet, les poudingues tournaisiens sont fort épais, tandis que là-bas ils semblent peu importants et recouverts de schistes marins, antérieurs au niveau calcaire de la base du Viséen ; ils paraissent donc plus anciens mais moins importants.

A la base du Viséen correspond une transgression marine qui paraît générale ; les calcaires fossilifères du type Régny, l'Ardoisière, Néronde, à faune viséenne et à Foraminifères, se retrouvent dans tous les lambeaux, soit en lentilles calcaires, soit à l'état de galets dans les poudingues supérieurs. Mais cette trangression se montre de courte durée ; des poudingues apparaissent en effet très vite au-dessus des calcaires viséens et marquent le début de l'émersion dinantienne définitive, à laquelle correspond une époque d'éruptions considérables, celle des tufs microgranulitiques et des microgranulites. C'est dans la région Ouest du faisceau et sur sa bordure septentrionale que la mer viséenne paraît avoir séjourné le plus longtemps. A l'Ardoisière et à Ferrières, des grès arkosiens se sont accumulés sur d'assez grandes épaisseurs au-dessus des calcaires viséens. Vers Régny et Montagny, au contraire, les tufs recouvrent très rapidement les poudingues viséens, eux-mêmes fort voisins des calcaires.

Ainsi :

Sédimentation continue de géosynclinal au Dévonien supérieur ;

Première régression au Tournaisien ;

Transgression nouvelle et de courte durée au Viséen inférieur ;

Deuxième régression au Viséen moyen, celle-ci définitive ;

Dépôt de sédiments éruptifs de projections ou de coulées, au Viséen supérieur, admettant à leur base une formation d'anthracite ;

tels sont les résultats que semble prouver l'étude stratigraphique.

2° Tectonique. — Au point de vue tectonique, le faisceau synclinal de la Loire ne laisse transparaître aucun plissement de système de montagne antérieur au système hercynien ; la montée tournaisienne des grandes masses de granite est la cause probable de cet effacement de tout système de montagnes antérieur et de la prédominance de plis hercyniens, même dans les gneiss du Lyonnais. Tous les plissements et décrochements qui ont affecté ce faisceau se rapportent au système hercynien. Les réactions dues aux mouvements alpins,

en dehors des grandes failles qui limitent les effondrements tertiaires (Loire, Rhône, Saône), y ont laissé des traces, il est vrai, mais d'importance secondaire et qui sont dues, le plus souvent, à des réouvertures d'accidents hercyniens.

Des premiers mouvements se sont produits au Tournaisien et au Viséen inférieur, mis en évidence par les retraits successifs de la mer ; mais ces mouvements, très faibles, n'ont pu donner naissance qu'à de légères discordances de transgressivité. C'est pendant la période de grande activité éruptive du Viséen supérieur et surtout à la fin, que se sont produits les plus grands plissements hercyniens et que sont nées les premières rides montagneuses de ce système. Les décrochements lui sont immédiatement postérieurs et intéressent nettement les masses de microgranulite, mélangées aux tufs. Ces décrochements ont été les lieux d'élection des cluses tranversales aux plis, qu'ont envahies les dépôts du Stéphanien ; ils sont accompagnés de fractures dans lesquelles des sources minéralisées, datant principalement du Trias, ont déposé du quartz filonien.

A l'époque stéphanienne, la rémission des forces tangentielles a amené la formation d'affaissements géosynclinaux, allongés dans le sens des axes tectoniques (Autun, Blanzy-Bert, Sainte-Foy-l'Argentière) et accompagnés de cluses transversales. Ces affaissements n'ont pas cessé de s'approfondir durant le Permien.

C'est à la fin du Permien inférieur que se place la deuxième et dernière période de grands plissements hercyniens. Avant le Trias moyen, l'érosion intense a produit une pénéplaine générale.

Les déplacements tangentiels de couches, qui ont eu lieu durant les premiers plissements hercyniens, et que rendent incontestables les décrochements constatés, peuvent expliquer certains contacts qui paraissent anormaux et certaines discordances apparentes de stratification ; c'est toujours entre le Viséen inférieur et le substratum métamorphisé ou entre les tufs microgranulitiques et ce substratum que se constatent ces anomalies. Or, on a pu remarquer que le métamorphisme a fait de tout le Dévonien et de presque tout le Tournaisien, dans ce faisceau synclinal, des roches durcies et résistantes ; les tufs microgranulitiques et les microgranulites supérieures, d'autre part, sont également des roches fort compactes et dures ; entre ces deux carapaces solides et peu ductiles, les parties intactes du Tournaisien et le Viséen inférieur, toujours indemne de métamorphisme, s'intercalent, composés de poudingues peu homogènes et de grès ou de schistes, terrains meubles et ductiles. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que, sous l'action des plissements intenses et des déplacements transversaux, il se soit produit des décollements de couches et des disparitions par écoulement ou par rabotage, justement à ce niveau. C'est sur la bordure Sud-Est du faisceau qu'apparaissent le plus fréquemment ces anomalies de contact. Mais il est difficile de faire la part des transgressions qui datent précisément des mêmes époques.

La répartition des forces tangentielles est intéressante. Tandis que leur direction est partout la même, venant du S. S.E., leur intensité paraît avoir été assez variable de l'Ouest à l'Est, à moins que les différences dans l'amplitude des

décrochements ne proviennent de la plus ou moins grande résistance opposée par les couches. En tous cas, que ce soit pour l'une ou pour l'autre de ces deux raisons, on peut constater que la tranche Régny, Néronde du faisceau est restée la plus méridionale, alors que vers l'Ouest et vers l'Est les tranches successives du faisceau, sollicitées de part et d'autre par des forces parallèlles, ont été déplacées en escaliers vers le N.N.O. Deux lignes de décrochements maximum sautent aux yeux : l'une, à l'Ouest de la tranche Régny, Néronde, passe à Sail-sous-Couzan et Laprugne ; elle jalonne le grand accident, appelé faille du Forez ; l'autre, à l'Est, passe à Lamure et prend en écharpe la vallée d'Azergues ; elle est accompagnée de nombreux filons de quartz et de pincements de Stéphanien. J'ai déjà fait remarquer que l'on doit attribuer à ces décrochements la fausse direction armoricaine que semble prendre le faisceau synclinal à l'Ouest de la vallée de la Loire ; la direction des couches reste varisque jusqu'au delà de la vallée de l'Allier.

On a vu que le métamorphisme du granite, par toute la Loire. n'atteint pas les premières couches franchement viséennes ; ici encore, comme dans le Morvan, il paraît s'être arrêté dans le niveau tournaisien qu'il affecte sur une plus ou moins grande hauteur suivant le voisinage du granite, horizontalement ou verticalement.

Mais d'une façon générale, le métamorphisme subi par les couches profondes est beaucoup plus marqué dans le faisceau de la Loire que dans celui du Morvan, soit par suite d'un enfoncement géosynclinal plus considérable, soit par suite d'une montée plus grande du granite.

CHAPITRE IV

PALÉONTOLOGIE

Travaux antérieurs. — Les faunes et les flores des terrains houiller et permien du Morvan ont fait l'objet de nombreux travaux (de MM. Gaudry, J. B. Renault, Zeiller, etc...) et sont actuellement bien connues. Il n'en est pas de même de celles des terrains antérieurs à ces formations ; dans ces derniers, les gisements fossilifères se sont montrés très rares ; la recherche des fossiles y est très ingrate. On en trouvera la raison dans le métamorphisme et le dynamométamorphisme de ces terrains, bouleversés par les premiers grands plissements hercyniens, et aussi dans l'ampleur des formations éruptives contemporaines ou postérieures. Les faunes anciennes du Morvan ont néanmoins donné lieu à quelques études intéressantes.

En 1844, l'ingénieur Boulanger [4, p. 106] signale l'existence, à Diou, de marbres crinoïdiques, première découverte paléontologique importante, mais avec attribution d'âge erronée ; Boulanger les classe en effet dans le Silurien.

En 1848, Jourdan découvre l'existence dans ce gisement d'*Atrypa reticularis* Linn. Il conclut que les marbres de Diou sont carbonifères [*in* Fournet, 9, p. 122] ; c'était là encore une erreur.

En 1873, Collenot [12, p. 154] trouve dans le marbre noir de Cussy-en-Morvan un *Lophophyllum* (qui fut étudié par M. de Fromentel) et un débris de *Spirifer* indéterminable.

En 1879, M. Michel-Lévy signale dans la légende de la feuille d'Autun la découverte de schistes gréseux fossilifères à Siguret, à Savigny-Poil-Fol (Champ de la Barrette) et dans la tranchée du chemin de fer de Nevers à Chagny, sous la ferme de Recoulon. M. Bonneau du Martray lui envoie des échantillons de ce dernier gisement, dans lesquels M. Douvillé reconnaît le *Bellerophon bicarenus* Lév. de Tournai [*in* Michel-Lévy, 34, p. 938].

En 1881, Julien [36, p. 891] publie une première liste de fossiles, recueillis dans les calcaires de Diou. Sa conclusion est qu'ils appartiennent au Dévonien moyen. La découverte qu'il y fit plus tard de *Spirifer Verneuili* Murch. et de *Rynchonella cuboïdes* Sow., lui permit de rectifier sa première conclusion et de fixer définitivement, en 1896, l'âge frasnien des calcaires de Diou [79, p. 262]. M. Michel-Lévy avait, dès 1892 (légende feuille de Charolles) adopté cette attribution d'âge.

En 1885, M. Stanislas Meunier indique la présence de Foraminifères à Cussy-en-Morvan [47, p. 921]; à côté d'espèces variées (en particulier du genre *Endothyra*), il croit reconnaître des *Fusulines*. Il revient en 1888 sur la question [60]; mais il ne reparle plus des *Fusulines*; une nouvelle note, publiée en 1892 [72], n'ajoute rien à la précédente. Le calcaire de Cussy est pour lui du Viséen.

C'est en 1896 que paraît l'important ouvrage de Julien sur le terrain carbonifère marin de la France centrale [79], ouvrage surtout de paléontologie, passant en revue les faunes carbonifères du Morvan et de la France centrale, mais dans lequel la stratigraphie est reléguée au second plan. Se contentant de récolter des empreintes de fossiles dans les deux gisements découverts par M. Michel-Lévy (Siguret et Champ de la Barrette) et dans un nouveau gisement, tout voisin (maison de la Varville, près Avrée), Julien les détermine hardiment, malgré leur mauvais état de conservation habituel; il reconnaît 62 espèces différentes et en crée 8 nouvelles. Ses descriptions sont généralement fort incomplètes, du fait de l'imperfection des échantillons; elles apportent néanmoins une contribution importante à la connaissance de la faune dinantienne du Morvan. Ses conclusions sont que le Tournaisien existe seul dans le Morvan. On a vu plus haut qu'il n'y a pas lieu d'être aussi absolu et qu'il faut admettre la coexistence des deux sous-étages du Dinantien, comme cela a lieu dans la Loire.

M. Giraud a recueilli, il y a quelque dix ans, une collection de fossiles dans le calcaire de Diou. Il a bien voulu me les communiquer. C'est parmi eux que j'ai trouvé *Phacops* cf. *fecundus* Barr., mut. *supradevonica* Frech., dont on lira plus loin la description.

Si les faunes dinantiennes du Morvan ont été peu étudiées, par contre, celles de l'Allier, de la Loire, du Rhône et du Mâconnais ont servi de sujet à de nombreux auteurs : Fournet en poursuit la recherche de 1840 à 1859; Jourdan et de Verneuil en déterminent les fossiles avec précision (1840-1848); Murchison (1851) en découvre le plus riche gisement, celui de l'Ardoisière, dans lequel Julien en 1874 reconnaît le Viséen [15].

En 1896, dans le volume déjà cité [79], Julien décrit en détail les fossiles de la Loire et de l'Allier, groupant ainsi les connaissances paléontologiques, antérieurement acquises sur le Dinantien de tout le Plateau central.

La flore du Culm a été peu étudiée dans le Morvan; Renault, en 1889 [64, p. 501], signale, près d'Anost, la présence dans le terrain anthracifère de *Lepidodendron Veltheimianum* Göpp., *Cardiopteris polymorpha* Schimp., *Bornia*; en 1896 [83], il indique l'existence, à Polroy et à Enost, de débris végétaux appartenant aux mêmes espèces.

Dans le Plateau Central proprement dit, cette flore du Culm est mieux connue. Dès 1836, Fournet signale des végétaux à Valsonne; en 1841, Grüner en indique l'existence à Neulize et à Naconne; en 1868, Ebray en signale dans le Beaujolais, en 1877, Grand-Eury dans le Roannais, en 1887, Maussier et Renault à Combres, en 1890, MM. de Launay et de Grossouvre à Brégeroux; enfin en 1901, M. Vaffier publie une étude détaillée sur la flore de Fuissé près Mâcon [94].

Données nouvelles. — On voit, par ce rapide exposé des travaux paléontolo-

giques de mes prédécesseurs, que les faunes frasnienne et dinantienne sont, en partie, connues ; je m'en occuperai seulement pour décrire quelques espèces que j'y ai nouvellement découvertes, dans des gisements anciens ou nouveaux, ou pour discuter les déterminations de certaines espèces, antérieurement décrites. J'ai pu visiter les collections personnelles de Julien à Clermont-Ferrand et compléter ainsi les données photographiques de son livre [79].

J'entrerai dans quelques détails à propos des espèces de la faune famennienne que j'ai récemment découverte [105, 119], en n'utilisant toutefois que les empreintes vraiment reconnaissables et délaissant les fossiles trop incomplètement conservés.

Je rappellerai ici que les empreintes, recueillies dans les niveaux étudiés, sont très souvent méconnaissables ; elles se présentent en débris froissés et déformés ; les ornementations de surface, plus ou moins finement moulées, sont les meilleurs éléments de détermination dont on dispose. La reconstitution des formes générales est souvent impossible ; seules, les coquilles de très petite dimension se retrouvent entières (Ostracodes). La trace des organes internes reste, la plupart du temps, inconnue.

Dans ces conditions, le nombre des espèces qui peuvent être déterminées, est très restreint. Je ne m'occuperai que de ces dernières. Mes efforts ont principalement porté sur les *Foraminifères*, les *Trilobites*, les *Goniatites* et *Clyménies*.

PROTOZOAIRES

Foraminifères. — Parmi les Protozoaires, je ne m'arrêterai qu'aux *Foraminifères*. Il est possible que certains spicules, apparaissant en plaques minces, soient à rapporter à des *Radiolaires* ; mais n'étant pas déterminables, ils restent sans grand intérêt (tufs calcarifères du Famennien-Gilly).

Les Foraminifères, que j'ai rencontrés dans les plaques minces des calcaires viséens, sont de très petite taille et n'ont jamais pu être isolés. Leurs formes et leurs surfaces extérieures restent donc inconnues ; leur détermination spécifique est impossible. Néanmoins, ils se sont montrés tellement abondants dans les calcaires viséens de la Loire et du Morvan qu'il m'a semblé intéressant de publier ici quelques photographies de leurs sections, d'autant plus qu'ils ne paraissent pas exister dans les strates tournaisiennes, famenniennes et frasniennes. Ils ont servi quelquefois de centre à des pisolithes calcaires, formés par concrétion autour d'eux (Pl. I, fig. 1). Les rapprochements ont été faits par comparaison avec les figures de Brady, Möller, Frech.

1° *Imperforés*. — *Saccamina* Sars. (Pl. I, fig. 2). — De petites coquilles pyriformes, d'environ 0 mm. 75 de longueur, se rencontrent dans les calcaires de Cussy-en-Morvan, où M. Stanislas Meunier les a signalées, et dans ceux des environs de Montagny.

La coquille est uniloculaire, régulièrement pyriforme, avec une seule ouverture étroite, creusée dans la partie pointue. Son épaisseur est faible, sauf au

voisinage de l'ouverture ; la surface intérieure de cette dernière est bordée par une collerette circulaire. Cette coquille paraît rentrer dans le genre *Saccamina*, Sars. ; elle est assez rare dans le Morvan et la Loire.

Trochammina Parker a. Jones (Pl. I, fig. 3). — J'ai trouvé, dans un calcaire des environs de Montagny, une section bien centrée, d'un petit Foraminifère composé d'un tube uniloculaire enroulé en spirale aplatie, avec un contour un peu polygonal. Elle rentre dans le genre *Trochammina* Parker a. Jones. Son diamètre n'atteint pas un demi-millimètre (0 mm. 40). Elle paraît rare.

Valvulina d'Orbigny (Pl. I, fig. 4). — Les plaques provenant des calcaires de l'Ardoisière, de St-Germain-Laval, de St-Bonnet-le-Troncy, contiennent une petite coquille spiralée, conique, multiloculaire ; les loges paraissent irrégulières. Son diamètre à la base atteint 0 mm. 75, sa hauteur 0 mm. 50. Elle rentre dans le genre *Valvulina* d'Orb.

Nodosinella Brady. — Les calcaires de Cussy montrent, en plaque mince, des coquilles multiloculaires, droites, atteignant 1 mm. 75 de longueur, qui rentrent dans ce genre.

Elles se rapprochent de *Nodosinella lingulinoïdes* Brady, du calcaire carbonifère (viséen) d'Angleterre et d'Irlande, et de Namur (Belgique).

2° *Perforés*. — Famille des *Rotalinæ*.

Cribrospira Möller (Pl. I, fig. 5). — Les calcaires de Cussy-en-Morvan et de Montagny montrent des sections de coquilles, atteignant 2 mm. de diamètre, présentant 6 à 8 loges enroulées, prenant très rapidement de grandes dimensions ; leur têt est perforé. Elles ressemblent aux sections de *Cribrospira Panderi* Möller. Elles sont rares.

Endothyra Phill. (Pl. I, fig. 6). — La plupart des Foraminifères des différents gisements de calcaire viséen, étudiés, appartiennent à ce genre. M. Stanislas Meunier en a signalé l'existence à Cussy-en-Morvan dès 1885 [47, p. 921] ; il en donne des figures en 1888 dans le *Bulletin de la Société d'Autun* [60, p. 232, pl. VII]. J'en ai retrouvé à l'Huis-Prunelle dans le Morvan et dans tous les gisements de la Loire et de l'Allier ; ils y sont en très grand nombre ; une section de 2 cmq. dans un bloc calcaire, pris au hasard, en montre jusqu'à 30 individus. Leur coquille se compose d'une spire, formée de loges progressivement croissantes, enroulées sur un, deux ou trois tours, dans un plan ; le nombre de ces loges varie de 10 à 28 (Pl. I, fig. 6, *a. c. d.*) ; leur paroi est quelquefois mince (Pl. I, fig. 6, g), d'autres fois épaisse (Pl. I, fig. 6, *e. f*), suivant les espèces ; elles communiquent entre elles par des ouvertures intermédiaires qui sont situées, dans chaque tour, vers l'axe de la spire, dans le plan médian transversal ; les cellules initiales et celles du premier tour se confondent sur les sections non rigoureusement centrées en un ensemble qui figure une loge unique, contenant plusieures cavités irrégulièrement réparties (Pl. I, fig. 6, *a*) ; mais dans quelques rares sections bien centrées, apparaissent deux loges initiales presque égales, en forme de demi-sphères accolées par leur base (Pl. I, fig. 6, *b*).

Les dimensions vont de 0 mm. 60 à 1 mm. 40, dans le sens diamétral.

Les diverses sections observées paraissent se rapprocher principalement de

celles de deux espèces : *Endothyra crassa* Brady (Pl. I, fig. 6, *e*), du Viséen de Belgique, de Russie et d'Angleterre, abondant surtout à Cussy-en-Morvan où M. Stanislas Meunier l'a signalé ; *Endothyra Bowmani* Phill. (Pl. I, fig. 6, *a*), de beaucoup la plus répandue, avec environ trois tours de spire, composés chacun de 6 à 7 loges ; ses parois sont très minces. Elle existe dans tous les gisements viséens de la Loire et de l'Allier. C'est elle que j'ai trouvée à l'Huis-Prunelle, dans le Morvan.

A côté de ces sections s'en rencontrent de plus réduites encore, qui présentent un plus grand nombre de loges, disposées sur 3 ou 4 tours et ayant un accroissement très lent (Pl. I, fig. 6, *c. d.*).

De cette courte étude sur les Foraminifères des calcaires viséens, nous retiendrons ce fait de la prédominance du genre *Endothyra*. Il est intéressant de rappeler ici que M. Barrois [95, p. 40] a rapporté, en 1902, au Viséen les galets de phtanites blonds à Foraminifères, riches en *Endothyra* et en *Textularia*, contenant en moindre quantité des *Lagena* et *Valvulina*, recueillis dans le Boulonnais (dans le Portlandien de la Rochette près Wimereux).

On a pu voir dans un chapitre précédent que tous les gisements de calcaires viséens du faisceau synclinal de la Loire, de Propières et Azolette jusqu'à l'Ardoisière, se sont montrés plus ou moins riches en Foraminifères. Cette constatation, rapprochée de celle de l'existence des mêmes Foraminifères dans les calcaires de Cussy et de l'Huis-Prunelle, dans le Morvan, est pleine d'intérêt ; car ces derniers calcaires, sur l'âge desquels les auteurs ont jusqu'alors hésité, nous apparaissent comme viséens.

D'autre part, j'ai trouvé dans les calcaires que M. P. Lemoine a bien voulu me rapporter récemment des environs d'Evaux, dans la Creuse (carrière du Chat-Cros), des sections de *Cribrospira* et d'*Endothyra*, pareilles à celles décrites précédemment. Le lambeau dinantien d'Evaux, dont la direction est O. N. O., par conséquent armoricaine, se compose de tufs microgranulitiques, de schistes et de calcaires, semblables à ceux des lambeaux de l'Ardoisière, Ferrières, etc. Il est probable que ce lambeau jalonne la continuation, vers l'Ouest, du faisceau synclinal de la Loire. La découverte des Foraminifères dans ces calcaires apporte une confirmation à cette hypothèse et permet, en tous cas, d'y affirmer la présence du Viséen.

Il sera intéressant de rechercher si le Viséen du faisceau synclinal d'Ancenis, en Bretagne, contient ces mêmes Foraminifères. C'est, en effet, à ce faisceau que le faisceau synclinal de la Loire paraît être relié par l'intermédiaire du lambeau d'Evaux.

CRUSTACÉS

Entomostracés. — Ordre des Ostracodes.

De très nombreux petits Ostracodes se rencontrent dans les schistes gréseux du Tournaisien (à la Varville, à Savigny-Poil-Fol) et dans le Viséen (l'Ardoisière).

Julien les classe dans les genres *Bairdia* et *Entomis* [79, p. 10-11]. Sans insister sur ces derniers, je signalerai deux espèces du Famennien, nouvellement découvertes.



Fig. 37. — *Beyrichia* sp. Moule externe d'une valve gauche, montrant les 3 lobes et le réseau.
Grossissement : 15 diam.

L'une appartient à la famille des *Leperditidae* et peut être rangée dans le genre *Beyrichia* M'Coy (fig. 37 et Pl. IV, fig. 1_a, 1_b). Sa coquille est petite (1 mm. de longueur) ; elle est allongée et bien bombée ; le bord cardinal est droit, le bord ventral est à peu près rectiligne ; elle est tronquée obliquement en avant et en arrière, le côté postérieur étant un peu plus large que le côté antérieur. Deux sillons transversaux partent au 1/3 et aux 2/3 du bord cardinal, sans dépasser le milieu de la valve entre le bord cardinal et le bord ventral. Ils séparent trois lobes : un lobe antérieur plus bombé et arrondi que le postérieur ; un lobe postérieur, réuni au lobe antérieur par un bourrelet longeant le bord ventral ; un lobe central, placé contre le bord cardinal et ne dépassant pas le milieu de la valve, entre le bord cardinal et le bord ventral ; il est bien plus bombé que les deux autres lobes. La surface des coquilles est fortement réticulée ; le réseau est à mailles à peu près hexagonales, formées par des côtes très prononcées et aiguës. Les mailles sont sensiblement plus serrées sur le lobe central que sur le reste de la surface.

Cette espèce ne peut être rapprochée de celles décrites dans les ouvrages de R. Jones a. Kirkby et de Boll. Son ornementation rappelle celle de certains *Primitia*, décrits par Whidborne et par G. Gürich ; mais elle ne peut d'autre part faire partie de ce genre. Elle n'a d'intérêt que parce qu'elle constitue le seul organisme rencontré jusqu'alors dans les schistes psammitiques, immédiatement supérieurs aux calcaires frasniens de Diou, Gilly. Elle y est d'ailleurs très rare.

L'autre espèce nouvellement découverte (Pl. IV, fig. $2_{a,b}$) s'est montrée très abondante dans les niveaux schisteux à Clyménies, principalement à leur base. Elle se range dans la famille des *Cypridinidae* Sars. Elle rappelle par ses dimensions, sa forme oblongue, ses stries parallèlles, convergentes aux extrémités antérieure et postérieure, son sillon transversal plus ou moins accusé, *Entomis serrato-striata* Sandb. Elle est conforme aux descriptions que donnent de cette espèce Gümbel et Richter.

Ordre des Trilobites.

Les Trilobites constituent, dans les terrains étudiés, l'un des groupes les plus intéressants au point de vue stratigraphique. Tous les niveaux en contiennent ; chaque niveau en présente une ou plusieurs espèces particulières.

Julien en décrit quelques-uns, trouvés dans le Tournaisien à la Varville d'une part, dans le Viséen à St-Germain-Laval et à l'Ardoisière d'autre part.

Il rapporte au *Griffithides seminiferus* Phill. quelques pygidiums et glabelles de la Varville [79, p. 5, pl. V, f. 10, 11, 14, 15, 16]. Cette détermination me paraît contestable ; les reproductions photographiques de son ouvrage et les spécimens de sa collection, que j'ai pu voir à Clermont-Ferrand, appartiennent au *Phillipsia* cf. *subtruncatula* D. P. OEhl. que j'ai trouvé à Apussy et que je décrirai plus loin.

La glabelle pour laquelle Julien a créé une espèce nouvelle, *Phillipsia Barrandei* Jul. [79, p. 7, pl. V, f. 12, 13, 17, 18], me paraît se rapprocher exactement de celle de l'espèce d'Apussy que je viens de signaler.

Cet auteur a découvert à la Varville une tête et un pygidium appartenant certainement au genre *Brachymetopus*. De Koninck, consulté sur ces empreintes, les rapporta au *Brachymetopus discors* M'Coy [46]. Julien crut devoir en faire une espèce nouvelle, qu'il appela *Brachymetopus Duponti* Jul. [79, p. 9, pl. V, f. 6, 7, 8, 9]. Je n'ai pas retrouvé d'empreintes de cette espèce, évidemment très rare.

Dans le Viséen, Julien indique l'existence de deux espèces ; à St-Germain-Laval, il a trouvé un pygidium qu'il rapporte avec doute au *Phillipsia globiceps* Phill. ; à l'Ardoisière se rencontre en abondance *Phillipsia Eichwaldi* Fisch. [79, p. 8, pl. XV, f. 1 *a* et pl. XVII, f. 1, 2, 3].

Mes recherches m'ont permis de réunir d'assez nombreux débris de Trilobites qui se rapportent à cinq espèces différentes et que je vais décrire ; trois sont dévoniennes ; les deux autres tournaisiennes.

Phacops cf. **fecundus** Barr., mut. **supradevonica** Frech (fig. 38 et Pl. II, fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*). Parmi les fossiles provenant des calcaires frasniens de Diou, que

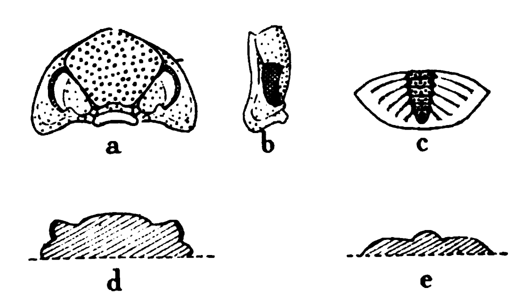


Fig. 38. — *Phacops* cf. *fecundus* Barr., mut. *supradevonica* Frech (calcaire de Diou)

a. tête en plan, b. tête vue de côté, c. pygidium, d. section transversale de la tête, e. section transversale du pygidium.

m'a communiqués M. Giraud, se trouvent douze échantillons de têtes et de pygidiums d'un *Phacops* qui se rapproche du *Ph. fecundus* Barr., mut. *supradevonica* Frech., trouvé par M. Frech. dans les environs de Cabrières, jusqu'au milieu du Dévonien supérieur. Ces échantillons sont tous des moules internes ; aussi mes déterminations ne doivent-elles être considérées que comme approchées.

Céphalo-thorax. — Sa forme générale est subsemicirculaire vers l'avant, légèrement concave vers l'arrière; il est presque uniformément bombé; sa partie médiane est presque plate sur une grande largeur; ses joues mobiles sont com primées et brusquement inclinées à plus de 45°.

Glabelle. — Elle est nettement pentangulaire, presque équitalérale, très peu bombée; le bord frontal est obtusément pointu et surplombe généralement la bordure marginale. Elle occupe plus de la moitié de la largeur de la tête, atteignant 13 mm. de large, alors que la tête entière ne dépasse pas 20 à 22 mm. Sa longueur est d'environ 12 mm., y compris l'anneau thoracique.

Les sillons latéraux postérieurs sont seuls bien visibles; ils limitent un lobe basal en forme d'anneau intercalaire, portant à ses extrémités deux légers tubercules; certains échantillons montrent une faible indication de deux sillons moyens. L'anneau occipital est plus large et plus bombé que ce lobe basal en forme d'anneau.

La joue mobile est triangulaire, très déclive autour de l'œil, bordée par un limbe assez étroit qui n'est séparé d'elle que par un sillon marginal à peine indiqué; l'angle génal est régulièrement arrondi.

Les yeux sont très gros et proéminents, sans toutefois que leur niveau supérieur atteigne celui de la glabelle : ils vont de l'angle antérieur de la joue jusque tout près du sillon occipital. Le lobe palpébral est légèrement réniforme, plat et séparé par un léger sillon de l'angle proximal de la joue fixe. La surface oculaire est inclinée à plus de 70° vers l'extérieur; elle a la forme d'une bande rectangulaire vers l'avant, en pointe arrondie vers l'arrière. Elle comporte sur le moule interne environ 15 files verticales, composées chacune de 5 lentilles hexagonales de grande taille et toutes égales, les files postérieures présentant toutefois un nombre régulièrement diminué de facettes (le nombre total des facettes est de 60 à 70).

Toute la surface de la tête est finement granulée; les granulations sont plus marquées sur la glabelle que sur les joues. Les fortes granulations de la glabelle sont à peu près de même taille que les facettes des yeux et contribuent ainsi à une ornementation générale uniforme.

Pygidium. — Il a vers l'arrière un contour légèrement polygonal, se rapprochant d'un demi-cercle; il est assez bombé transversalement et ses flancs ont leur talus faiblement incliné. Sa largeur atteint 20 mm., sa longueur 8 mm.

L'axe est bombé, conique, terminé postérieurement en pointe obtusément arrondie avant le bord du limbe, qui forme un talus régulièrement déclif; il se compose de 8 à 10 anneaux, présentant uue inclinaison plus raide vers l'avant que vers l'arrière et recouverts de 6 à 10 granulations disposées en une file un peu sinueuse. Les anneaux postérieurs sont soudés et coalescents.

Les plèvres portent cinq larges côtes rayonnantes vers l'arrière, se terminant sans limites précises au bord du limbe; les deux dernières sont plus ou moins obsolètes.

Rapports et différences. — L'espèce de Diou peut être rapprochée des trois espèces suivantes :

Phacops granulatus Münst.

Phacops batracheus Whidborne.

Phacops fecundus Barr. mut. *supradevonica* Frech.

Mais dans la première, l'œil est plus en avant ; les facettes sont moins nombreuses (36) ; son niveau supérieur atteint le niveau de la glabelle. Les granulations sont plus fortes, principalement sur les joues ; le sillon marginal est bien plus marqué.

Dans la seconde, les granulations n'existent que sur la glabelle ; l'œil est plus proéminent.

Dans la troisième, au contraire, la tête et le pygidium sont très semblables à ceux des échantillons de Diou. La seule différence, qui ressort de la diagnose de M. Frech, réside dans une plus grande finesse de la granulation de la tête.

C'est de cette dernière espèce que celle de Diou paraît la plus voisine.

Phacops aff. **cryptophtalmus** Emm. (fig. 39 et Pl. II, fig. 2 *a*, *b*).

Le gisement fossilifère du Moulin-du-Roi, près de Bourbon-Lancy, m'a fourni plusieurs échantillons, assez écrasés, d'un Trilobite appartenant à la famille des *Phacopidæ* et dont voici la description.

Sa forme générale est elliptique, largement arrondie en avant et en arrière. Longueur, 27 à 30 mm., largeur, 14 à 16 mm.

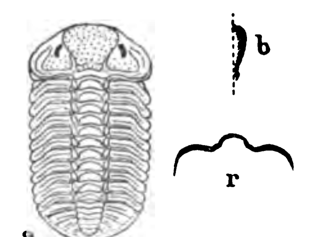


Fig. 39. — *Phacops* cf. *cryptophtalmus* Emm. (schistes famenniens du Moulin-du-Roi, près Bourbon-Lancy).

a. ensemble de l'animal, b. section longitudinale de la glabelle, r. section d'un segment thoracique.

Céphalo-thorax. — Largement circulaire en avant, rectiligne en arrière, peu bombé. Sa longueur est égale aux 2/3 de sa largeur (longueur, 7 à 8 mm., largeur, 12 à 13 mm.).

Glabelle large au front, étroite vers le sillon occipital ; elle présente en coupe verticale une convexité marquée au premier tiers antérieur, mais n'est nullement gibbeuse ; elle s'avance jusqu'au bord frontal et laisse à peine voir le sillon marginal. Ses sillons dorsaux sont très obliques, mais forment cependant entre eux un angle aigu (compris entre 70 et 80°). Une seule paire de sillons latéraux, la postérieure, apparaît sur mes échantillons ; elle est très rapprochée du sillon occipital et délimite des lobes postérieurs étroits, simulant dans leur ensemble un anneau intercalaire, terminé par deux petits tubercules.

Les joues sont triangulaires, légèrement bombées, bordées par un limbe large et peu proéminent ; ce limbe diminue rapidement de largeur en se rapprochant de l'extrémité antérieure du sillon dorsal ; il est bordé intérieurement par un sillon marginal peu profond et se confond postérieurement avec l'anneau occipital qui est étroit au droit des joues.

L'angle génal est très largement arrondi et légèrement tombant en arrière et latéralement.

L'œil est très petit et étroit(1 mm. 1/2 de long), très peu proéminent au-dessus de la joue, réniforme et franchement oblique au sillon dorsal ; son extrémité antérieure part de l'angle que fait ce sillon avec le sillon marginal, alors que son extrémité postérieure est plus rapprochée du sillon marginal que du sillon dorsal, se trouvant d'autre part à une distance du sillon occipital au moins égale à la longueur même de l'œil. La surface oculaire, étroite et allongée, est peu visible ; elle paraît peu inclinée vers l'extérieur.

La surface de la glabelle et celle des joues sont finement granulées, les granules étant irrégulièrement répartis, mais toujours assez écartés les uns des autres.

Le limbe et l'anneau occipital sont lisses.

Thorax. — Il se compose de 11 segments, les postérieurs étant presque égaux aux antérieurs.

L'axe est bombé et plus étroit que les plèvres. Il a 4 à 5 mm. de large tandis que les plèvres en ont 6 à 7 mm.

Chaque segment de l'axe porte un léger sillon, incurvé, qui occupe le tiers antérieur du segment et est plus convexe vers l'avant que le bord postérieur du segment. Latéralement, chaque segment s'incurve vers l'avant et se termine par un tubercule large et peu bombé.

Les plèvres portent un sillon au quart postérieur de leur largeur et sont partagées en deux portions inégales, une portion antérieure large et formant un bourrelet aigu, plus déclif vers l'avant que vers l'arrière, une portion postérieure étroite et très légèrement bombée. Le sillon est arqué vers l'arrière et cesse d'exister aux 2/3 de la plèvre qui s'incurve assez brusquement vers l'arrière dans sa partie distale, en même temps qu'elle devient fortement déclive vers l'extérieur. Cette partie distale présente une courbure légèrement concave vers l'avant ; elle porte un bourrelet qui va en s'atténuant progressivement vers l'extrémité et qui n'est que la prolongation de l'épais bourrelet antérieur de la partie proximale. La plèvre est régulièrement arrondie à son extrémité postérieure.

Pygidium large et court (14 mm. de largeur, 5 mm. de longueur).

L'axe, conique, est peu bombé et se termine par une extrémité arrondie au bord d'un limbe étroit ; 6 à 8 segments le composent ; les quatre antérieurs sont larges et bombés transversalement ; les quatre postérieurs sont rapidement diminués ; ils présentent vers l'avant une courbure concave au milieu, convexe aux extrémités.

Les plèvres sont très plates ; elles se composent de 4 à 5 segments dont les trois postérieurs sont très obliques vers l'arrière ; un léger sillon les divise au tiers postérieur de leur largeur.

Une fine granulation paraît recouvrir toute la surface.

Rapports et différences. — L'espèce décrite est assez analogue au *Phacops cryptophtalmus* Emmerich, décrit par Sandberger, dont la diagnose et les figures

sont malheureusement peu complètes et par Salter. Elle pourrait être rapprochée de *Phacops lævis* Münster, mais la surface finement ponctuée de sa glabelle et de ses joues et le plus grand développement de ses yeux l'en distinguent nettement.

Phacops cryptophtalmus Emm., paraît caractéristique du Famennien ; il existe dans les schistes à Cypridines du Nassau et de Thuringe, dans les calcaires à Clyménies du Cornwall, etc... Il est donc bien à sa place dans les environs de Bourbon-Lancy, au milieu des schistes psammitiques à Cypridines et à Clyménies.

Dechenella cf. **pusilla** Gürich (fig. 40 et Pl. II, fig. 3 *a*, *b*, *c*).

J'ai recueilli dans les schistes du Famennien un assez grand nombre de débris de ce petit Trilobite ; la désarticulation des éléments constituants est le cas général et les échantillons complets sont très rares.

La forme est, dans l'ensemble, celle d'une ellipse légèrement rétrécie postérieurement. C'est à la tête que le bombement est le plus considérable. Les dimensions moyennes sont : longueur, 14 mm., plus grande largeur (à la base du thorax), 8 mm., largeur en avant du pygidium, 6 mm. ; quelques rares glabelles isolées prouvent, par leurs dimensions exceptionnelles, que l'animal adulte pouvait atteindre 20 mm. de long.

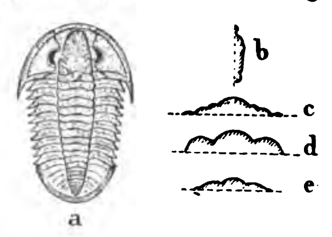


Fig. 40. – *Dechenella* cf. *pusilla* Gürich. (Schistes famenniens du Moulin-du-Roi).

a. reconstitution de l'animal, b. section longitudinale de la tête, c. section transversale de la tête, au droit des yeux, d. section transversale du thorax. e. section transversale du pygidium.

Céphalo-thorax. — Il est subsemicirculaire vers l'avant, limité vers l'arrière par une ligne presque droite ; il est assez fortement bombé. Il a 4 mm. de long et 8 mm. de large.

La glabelle est conique vers l'avant ; elle est brusquement rétrécie au droit des sillons latéraux antérieurs ; son lobe frontal est régulièrement diminué et vient se terminer avec une pente ménagée contre le sillon marginal profond qui précède le limbe. Il y a trois paires de sillons latéraux, peu avançants vers le centre, mais bien marqués, les sillons postérieurs se réfléchissant à angle obtus vers le sillon occipital. L'anneau occipital est légèrement convexe vers l'avant et porte en son centre un tubercule évident.

La joue fixe s'étend horizontalement autour de la glabelle, développée vers le front, très réduite en arrière ; elle se termine en avant par un limbe large, bombé en un fort bourrelet frontal et bordé intérieurement par un sillon marginal assez profond.

La grande suture est facilement visible ; elle est sinueuse, mais, dans l'ensemble, parallèle à l'axe médian ; en arrière elle vient mourir en pointe aiguë vers l'extérieur, sur le bord postérieur du bouclier céphalique ; elle dessine, au

milieu, un lobe palpébral, réniforme, qui embrasse les trois paires de sillons latéraux, puis, vers l'avant, elle s'écarte du centre pour mourir, au front, en une courbe obtusément arrondie.

Les joues mobiles sont triangulaires, plus longues que larges, rapidement déclives jusqu'au sillon marginal étroit et peu profond, que borde un limbe assez large et bombé en un bourrelet marqué ; la doublure du limbe est finement striée. Deux pointes génales aiguës, ayant le tiers de la longueur de la tête, terminent les joues mobiles vers l'arrière.

Les yeux, réniformes, vont du premier sillon latéral jusqu'au milieu du lobe postérieur et sont ainsi sensiblement plus rapprochés du sillon occipital que du sillon frontal. Ils sont garnis de très fines lentilles hexagonales, au nombre de 150 à 170 (suivant 15 à 17 files verticales de 10 lentilles); la surface visuelle est légèrement déclive autour du lobe palpébral, horizontal.

Thorax. — Il est formé par environ 10 anneaux très peu diminués d'avant en arrière. Il a 5 à 6 mm. de long. La largeur des plèvres est égale aux 2/3 de celle du rachis.

Ce rachis est fortement bombé; ses anneaux sont épais, un peu convexes vers l'avant; formant une pente douce et longue en avant, raide et courte vers l'arrière.

Chaque segment des plèvres porte un sillon sutural, le partageant en deux parties égales; il se termine en une pointe aiguë reportée en arrière; la partie proximale des plèvres est légèrement bombée, la partie distale forme un talus rapide.

Pygidium. — Il est deux fois plus large que long (sa longueur est de 3 mm.); il est légèrement conique avec un axe renflé et des plèvres peu bombées; le limbe est assez large et moins déclif que les plèvres; sa doublure est finement striée. Les sillons dorsaux sont rectilignes et convergent vers l'extrémité dorsale qui est arrondie et se termine contre le limbe.

Il y a environ 11 anneaux axiaux, 6 à 7, bien visibles et régulièrement diminués d'avant en arrière, les 4 ou 5 derniers coalescents. Chaque anneau présente vers l'avant une partie plate, assez large, vers l'arrière une partie en pente abrupte, très étroite.

Les plèvres portent 7 à 8 segments aplatis qu'un sillon sutural divise en deux parties égales et qui se terminent brusquement contre le limbe.

La carapace de l'animal est très finement granulée, comme chagrinée, sur toute sa surface.

Rapports et différences. — L'espèce ainsi décrite se distingue des espèces rhénanes (*Dechenella Verneuili* Barr., *Dechenella verticalis* Burm., du calcaire à Stringocéphales (Givétien) de Hagen en Westphalie) par ses moindres dimensions, sa glabelle plus allongée et moins pointue au front, ses yeux plus petits, son lobe palpébral moins proéminent, son pygidium plus court (les formes rhénanes ont 16 anneaux).

Elle diffère de *Dechenella Romanowsky* Tschernyschew, du Dévonien inférieur de l'Oural oriental, qui possède une glabelle courte et pointue et 16 segments au

pygidium ; de *Dechenella hofensis* Leyh, qui est plus grande, a une glabelle plus dodue, pas de pointes génales et se rapproche des *Proetus* par son petit nombre d'anneaux au pygidium (8 à 10) (couches inférieures du Carbonifère de Hof-a.-Saale). *Dechenella Escoti* V. Kœnen [49, p. 163] du Frasnien de Cabrières est insuffisamment décrite par son auteur pour être utilement comparée ; Von Kœnen, toutefois, la rapproche de l'espèce de Adorf, dont Holzapfel a figuré une glabelle ; cette dernière est de petite taille ; les joues sont inconnues ; il y a 10 segments au pygidium ; leur surface est finement ponctuée. *Dechenella Haldemani* J. Hall, du Givétien (Hamilton Group), a une glabelle plus large à la base, moins longue, des yeux bien plus grands, des joues mobiles sans pointes génales, un pygidium avec 11 ou 12 anneaux sur l'axe, plus conique.

Gürich en 1896, dans une étude sur les terrains paléozoïques de Pologne, décrit deux espèces du Dévonien moyen, *Dechenella dombrowiensis* et *Dechenella polonica* qui diffèrent nettement de la mienne par les formes de la glabelle et du pygidium, par l'ornementation, etc. Par contre, il signale un céphalo-thorax, sans les joues mobiles, trouvé dans les couches marneuses du Dévonien supérieur entre Psiarnia et Kadzielnia, qui rappelle, dans tous ses détails, les parties similaires de mon espèce ; malgré l'état incomplet de ses échantillons, il a créé pour eux un nom d'espèce, *Dechenella pusilla* ; le céphalo-thorax a 2 mm. 5 de long ; la glabelle est bombée, nettement délimitée vers l'avant, avec sa base bien plus étroite que sa longueur ; en avant, elle arrive tout près du limbe qui porte un bourrelet saillant ; les sillons latéraux sont nets ; la troisième paire est fortement arquée vers l'arrière ; les lobes palpébraux sont petits, semi-circulaires et embrassent le lobe moyen et la moitié des deux lobes contigus. L'anneau occipital est nettement délimité, avec un fort tubercule en son centre. La carapace est très finement ponctuée.

Malgré que les joues mobiles, le thorax et le pygidium de *Dechenella pusilla* Gürich, soient inconnus, je rapproche mon espèce de cette dernière plus volontiers que de toute autre. La glabelle et les joues fixes, la forme de la grande suture sont identiques dans toutes deux. Néanmoins, cette assimilation est faite sous toute réserve et mérite confirmation.

Phillipsia nov. sp , voisin de **Phillipsia subtruncatula** D. P. Œhlert, man. (fig. 41 et Pl. II, fig. 4 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*).

J'ai recueilli à Apussy, dans les schistes gris psammitiques du Dinantien, une quinzaine d'empreintes qui se rapportent au bouclier céphalique et au pygidium d'un même *Phillipsia*, appartenant au groupe des *Phillipsia gemmulifera* Phill., et *truncatula* Phill.

Un seul échantillon montre l'ensemble de l'animal qui est largement elliptique, arrondi en demi-cercle vers l'avant, faiblement anguleux postérieurement. Sa longueur atteint 14 mm., sa plus grande largeur (à la base de la tête) 9 mm. Sa surface est entièrement recouverte de gros tubercules.

Céphalo-thorax. — Il est bien plus large que long (4 à 5 mm. de longueur, 9 mm. de largeur à la base) ; il est régulièrement circulaire vers l'avant et légèrement concave postérieurement.

La glabelle est plus longue que large (4 mm. de longueur, 3 de largeur), légèrement conique vers l'avant, renflée antérieurement ; elle n'est séparée du bord frontal que par un limbe étroit. Les sillons dorsaux sont presque parallèles et forment vers l'avant un angle très aigu. Il y a trois paires de sillons latéraux ; les sillons antérieurs sont peu apparents ; les sillons postérieurs sont très marqués ; ils se réfléchissent vers l'arrière et délimitent des lobes postérieurs arrondis.

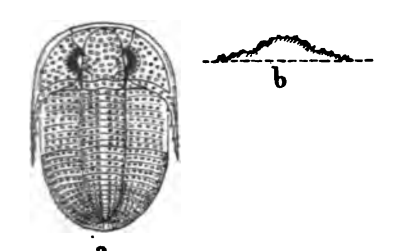


Fig. 41. — *Phillipsia* nov. sp., voisin de *Phillipsia subtruncatula* D. P. Oehl., man. (Schistes tournaisiens d'Apussy, près Ternant).

a. ensemble de l'animal, b. section transversale de la tête.

L'anneau occipital est un peu convexe vers l'avant. Le sillon occipital est étroit et profond. La grande suture forme un angle très aigu vers l'extérieur avec le bord postérieur ; elle rejoint aussitôt le bord de la glabelle pour ne s'en écarter qu'en avant de l'œil et atteindre le bord frontal sous un angle droit, laissant entre elle et cette dernière une surface triangulaire assez grande. La joue fixe est ainsi réduite à cette surface ; le lobe palpébral est très petit.

La joue mobile est quelque peu quadrangulaire ; elle présente sur la moitié extérieure de sa largeur une déclivité prononcée ; elle se prolonge en une pointe génale très longue et aiguë, qui atteint la partie postérieure du thorax.

La limbe céphalique porte des nervures saillantes, concentriques, qui se prolongent le long des pointes génales (Pl. II, fig. 4 *c*).

Les yeux sont de dimension moyenne et réniformes ; ils s'étendent de la moitié du lobe postérieur au sillon latéral antérieur et sont à peine plus rapprochés de la partie postérieure que de la partie antérieure ; la surface oculaire est garnie de lentilles très nombreuses et très fines ; elle est régulièrement bombée et arrondie autour du lobe palpébral saillant.

Toute la surface du céphalo-thorax, le limbe excepté, est garnie de forts tubercules formant de véritables épines, creuses en leur milieu ; elles sont très abondantes et réparties irrégulièrement sur la glabelle, la joue fixe, la joue mobile, l'anneau occipital et jusque sur la surface intérieure des pointes génales, sur lesquelles elles ressemblent à des dents de scie, réfléchies vers l'arrière (Pl. II, fig. 4 *d*). La base extérieure de l'œil est garnie d'un chapelet d'épines, très fines et régulières, disposées sur un seul rang, suivant un anneau dont la déclivité est intermédiaire entre celle de la surface oculaire et celle de la moitié interne de la joue mobile. Cet anneau de fins tubercules (au nombre de 10 à 12), autour de l'œil, constitue un caractère qui paraît très constant (Pl. II, fig. 4 *b*, *c*).

Thorax. — Mal connu ; je ne possède que deux échantillons, en présentant des restes brisés. Il est formé de 7 à 10 segments fortement tuberculés.

Pygidium. — Sa forme générale est parabolique. Il est plus large que long (9 mm. de largeur, 6 mm. de longueur). Il est bombé au centre et brusquement déclif sur les bords latéraux; il est dodu à sa partie postérieure. Le limbe est moins déclif que les plèvres ; il est plus large sur le bord postérieur du pygidium que sur ses bords latéraux.

L'axe a 3 mm. de large en avant ; il est régulièrement conique vers l'arrière et arrondi à son extrémité postérieure qui rejoint le limbe sous un angle de 90°; il est bordé par des sillons dorsaux bien marqués. Il se compose de 16 à 17 anneaux, arrondis, portant chacun six tubercules spiniformes sur un rang, les deux du centre sensiblement plus forts que les autres. Ces tubercules s'alignent longitudinalement sur l'axe, suivant des droites qui convergent lentement vers l'extrémité.

Les plèvres se composent de 12 à 14 segments, séparés par des sillons profonds; ils sont anguleux, la partie antérieure étant un peu plus étroite et plus déclive que la partie postérieure; 6 à 10 tubercules s'implantent sur la partie anguleuse du segment, avec une légère obliquité vers l'arrière. Les segments se prolongent sur le limbe en se réfléchissant brusquement vers l'arrière et restant tuberculés.

A la partie postérieure, le limbe porte 5 petites côtes rayonnantes; ces côtes rudimentaires sont chargées de tubercules comme les précédentes.

Rapports et différences. — Dans son ensemble, cette espèce se rapproche des *Phillipsia gemmulifera* Phill et *truncatula* Phill., décrits par Woodward. Elle s'en distingue cependant par les caractères suivants : *Phill. gemmulifera* Phill. a sa glabelle moins conique et lisse ainsi que sa joue fixe, son anneau thoracique, ses pointes génales. Les segments des plèvres du pygidium sont obtusément terminés au bord interne d'un limbe lisse. *Phill. truncatula* Phill. possède une surface plus entièrement granulée que *Phill gemmulifera* (sa joue fixe et ses pointes génales sont cependant encore lisses) ; mais ses pointes génales sont courtes et se terminent en pointes mousses ; la joue fixe entoure la glabelle qui s'arrête à une certaine distance du bord frontal ; le limbe céphalique est peu visible. Le pygidium ne possède pas de limbe distinct ; ses plèvres sont régulièrement déclives jusqu'au bord.

Dans des notes inédites, M. D.P. Œhlert distingue le *Phillipsia gemmulifera*, décrit par de Koninck, du *Phillipsia gemmulifera* Phill., et propose de le débaptiser; ce *Phillipsia* nov. sp., D. P. Œhlert, a sa surface entièrement hérissée de tubercules épineux, nombreux et saillants, creux et fragiles. Il se rapproche, par là, de mon espèce, mais en diffère par des pointes génales courtes et obtuses, par un pygidium dont l'axe n'a que 14 anneaux et point de limbe; les épines recouvrent les plèvres jusqu'au bord du pygidium, autour duquel elles transparaissent horizontalement; 4 ou 5 côtes rudimentaires rayonnent en arrière de l'axe, rappelant celles de mon espèce. Ce *Phillipsia* nov. sp., D. P. Œhlert, se rencontre dans le Tournaisien.

Un autre *Phillipsia* nov. sp., D. P. Œhlert, du Viséen, voisin de *Phillipsia gemmulifera* Phill., s'en distingue par la répartition des tubercules qui garnis-

sent jusqu'au limbe du pygidium ; ces tubercules sont petits et inégaux, en grand nombre (14 sur les anneaux de l'axe) et en lignes flexueuses. Ces caractères le différencient de mon espèce. Le pygidium en est d'ailleurs seul connu.

Enfin M. D. P. Œhlert décrit un *Phillipsia subtruncatula* D. P. Œhl., du Tournaisien, qui diffère de *Phill. truncatula* Phill., par ses pointes génales plus développées, par un limbe céphalique portant des nervures saillantes concentriques, par l'ornementation du pygidium qui porte, sur chaque anneau de son axe, 4 à 6 tubercules spiniformes, un peu couchés en arrière; toutefois les extrémités des anneaux sont lisses ; les segments des plèvres sont anguleux et moins déclifs en avant qu'en arrière.

Cette espèce paraît très voisine de la mienne qui a de nombreux caractères communs avec elle. Il y a grande similitude des pointes génales, du limbe céphalique, de l'ornementation en général. Certains caractères diffèrent cependant : le pygidium ne possède pas de limbe distinct ; la dissymétrie des plèvres est inversée. Le chapelet de fins tubercules, qui entoure l'œil de mon espèce, paraît ne pas exister dans celle-ci.

Néanmoins c'est de *Phillipsia subtruncatula* D. P. Œhl. qu'il convient de rapprocher mon espèce.

Les débris que M. Julien a attribués au *Griffithides seminiferus* Phill., à la Varville et à Siguret, m'ont paru appartenir au *Phillipsia substruncatula* D. P. Œhl.

Phillipsia Derbyensis Mart. (fig. 42 et Pl. II, fig. 5 *a*, *b*, *c*).

J'ai trouvé dans le chemin qui monte vers Azy, à l'Est de la Forge de la Loge, au Nord de Saint-Seine, au milieu des schistes gréseux, gris jaunâtres du Tournaisien, une trentaine de débris, têtes, thorax et pygidiums, désarticulés, d'un Trilobite de petite taille, spécial à ce gisement dans le Morvan, et dont les caractères rappellent beaucoup ceux de *Phillipsia Derbyensis* Mart., décrit par Woodward et par M. D. P. Œhlert (notes inédites).

Malgré l'absence de thorax bien conservé, on peut donner comme dimensions de l'animal, dans son ensemble : longueur 24 mm., largeur 12 à 13 mm. ; dodu et de contours peu élégants, il devait être le plus souvent enroulé en boule, comme en témoignent les débris accolés du thorax. La surface est lisse ; un léger tubercule apparaît cependant au centre de l'anneau céphalo-thoracique.

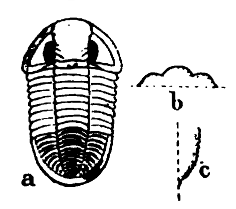


Fig. 42. — *Phillipsia Derbyensis* Mart., schistes gréseux tournaisiens des environs de St-Seine (Saône-et-Loire).

a. reconstitution de l'animal, b. section transversale du pygidium, c. section longitudinale du pygidium.

Céphalo-thorax. — Il est très bombé, à contour externe parabolique, à contour postérieur concave ; les angles génaux sont légèrement prolongés en arrière, mais ils sont arrondis et ne forment pas de pointes génales. Le bourrelet marginal est large et aplati sur les parties latérales du bouclier céphalique; il est

délimité par un sillon large et peu profond; ce bourrelet marginal et le sillon qui l'accompagne se cachent au-dessous du bord frontal.

La glabelle est subrectangulaire; elle est plus ou moins élancée suivant les échantillons (7 mm. de long sur 4 mm. de large, dans certains exemplaires; 6 mm. de long sur 6 mm. de large dans d'autres) ; les déformations subies par les empreintes sont pour une grande part dans ces variations des dimensions relatives; on peut considérer les chiffres 6 mm., 5 de long sur 5 mm. de large comme voisins de la réalité.

La glabelle est partout renflée ; elle est régulièrement arrondie et un peu surplombante au front et vient border latéralement la grande suture qui subit une inflexion concave vers l'extérieur, au droit de l'extrémité antérieure de l'œil. Les sillons latéraux antérieurs et moyens sont faiblement indiqués, rapprochés et très obliques vers l'arrière ; les sillons postérieurs sont plus marqués ; ils délimitent un lobe basal peu saillant et très déclif vers le sillon occipital, à l'angle externe postérieur.

Le sillon occipital est profond, surtout vers les extrémités latérales ; l'anneau occipital est assez large ; il est un peu convexe vers l'avant dans sa partie médiane et porte un tubercule central, peu proéminent, sur sa partie postérieure. Les joues mobiles sont triangulaires ; l'angle génal est court, mais anguleux vers l'arrière; il est dépourvu de pointe génale. Un sillon peu profond délimite un limbe à doublure finement striée.

Les yeux sont grands, longs, peu réniformes et légèrement saillants; ils n'atteignent pas le niveau de la glabelle; le lobe palpébral est allongé et étroit. L'extrémité postérieure des yeux vient toucher le sillon occipital, l'extrémité antérieure se trouve au droit du sillon latéral antérieur. La surface oculaire se compose de 50 à 60 files verticales de 18 à 20 lentilles ; au total 900 lentilles, sous une cornée lisse.

Thorax. — Je n'ai récolté que des fragments écrasés de cette partie du corps: sur l'un d'eux, 7 segments sont visibles, mais la partie voisine du céphalothorax est détruite ; il peut y avoir eu 9 segments; l'axe est saillant et plus large que les lobes latéraux ; il se rétrécit graduellement vers le pygidium.

Pigydium. — Il est semi-ovalaire, très bombé, presque aussi long que large; l'écrasement en a fait varier quelque peu les dimensions relatives comme c'était déjà le cas pour la glabelle (7 mm. de long sur 7mm. de large en certains échantillons, 5 mm. de long sur 7 mm. de large dans d'autres). Son axe est large et très saillant (3 mm. de large); il se rétrécit lentement vers l'arrière et se termine, à une distance assez considérable du bord postérieur par une extrémité obtusément arrondie. Il a 13 anneaux dont les derniers sont très coalescents ; ces anneaux sont aplatis et divisés en deux parties, une antérieure large et peu déclive, une postérieure courte et abrupte ; en section longitudinale le pygidium forme ainsi un escalier descendant vers la partie postérieure. Les anneaux sont comprimés au voisinage des sillons dorsaux.

Il y a 7 à 8 segments sur les plèvres; les derniers sont très obliques vers l'arrière ; leur séparation est peu nette près du sillon dorsal et va s'accusant en

se rapprochant du limbe. Un léger sillon sutural divise chaque segment en deux parties inégales, l'antérieure plus grande que la postérieure. Les segments s'arrêtent nettement contre le limbe qui est plus large et forme un talus à pente douce. La doublure est finement striée

Rapports et différences. — L'espèce décrite se rapproche de *Phillipsia Derbyensis* Mart. ; les descriptions de Woodward et de M. D. P. Œhlert (man.) permettent de s'en convaincre. M. D. P. Œhlert distingue le *Phillipsia Derbyensis* décrit par de Koninck, qu'il appelle *Phillipsia Konincki* D. P. Œhl. ; ce dernier est plus petit, sa glabelle plus conique, sa carapace granulée.

Phillipsia Derbyensis Mart. a été trouvé en Angleterre, dans l'Ouest de la France (dans le calcaire de Sablé, à Argentré, Changé, Saint-Ouen, Quenon, par M. D. P. Œhlert ; à la base des schistes de Châteaulin par M. Barrois ; dans la grauwacke jaune de Saint-Pierre-la-Tour par M. Lebesconte), en Belgique, en Allemagne (dans les Provinces Rhénanes et dans la haute zone des dolomies de Ratingen près Düsseldorf par le Dr Fliegel), en Russie (dans le Donetz par M. Tschernyschew).

Son extension verticale dans le Viséen est grande ; il se rencontre depuis la base du calcaire de Laval jusque dans le calcaire de Sablé.

Il n'a pas encore été signalé dans le Tournaisien. Son apparition à la Forge de la Loge près Saint-Seine fait donc pressentir l'existence de niveaux très élevés dans la bande tournaisienne occidentale du Morvan.

Résumé sur les Trilobites

Nos connaissances actuelles sur les Trilobites du Dévonien et du Dinantien du Morvan et du Plateau central peuvent se résumer ainsi : on y rencontre :

Parmi les *Opisthoparia* :

Famille des Proétidés :
- *Dechenella* cf. *pusilla* Gür.
- *Phillipsia* cf. *subtruncatula* D. P. Œhl.
- *Phillipsia Derbyensis* Mart.
- *Phillipsia Eichwaldi* Fisch.
- *Brachymetopus* cf. *discors* M'Coy (*B. Duponti* Jul.).

Parmi les *Proparia* :

Famille des Phacopidés :
- *Phacops* cf. *fecundus*, Barr, mut. *supradevonica*. Frech.
- *Phacops* aff. *cryptophtalmus* Emm.

Au point de vue stratigraphique, ces espèces se groupent de la manière suivante :

Viséen	*Phillipsia Eichwaldi* Fisch.
Sommet du Tournaisien	*Phillipsia Derbyensis* Mart.

TOURNAISIEN	*Phillipsia* cf. *subtruncatula* D. P. Œhl. *Brachymetopus* cf. *discors* M'Coy (*B. Duponti* Jul.)
FAMENNIEN	*Dechenella* cf. *pusilla* Gür. *Phacops* aff. *cryptophtalmus* Emm.
FRASNIEN	*Phacops* cf. *fecundus* Barr. mut. *supradevonica* Frech.

Il est intéressant de constater que chacun des quatre niveaux étudiés est caractérisé par une ou deux espèces qui lui sont propres.

Seul *Phillipsia Derbyensis* Mart., du Tournaisien de Saint-Seine, apparaît dans un niveau qui ne lui est pas habituel ; il n'a été rencontré jusqu'alors, comme nous l'avons vu, que dans le Viséen (Angleterre, Bretagne, Allemagne, Russie). Il est permis d'en conclure que les niveaux de Saint-Seine, qui contiennent d'autre part des Brachiopodes tournaisiens, représentent un Tournaisien tout à fait supérieur où apparaît une faune de mélange avec le Viséen.

AMMONOIDÉES

Goniatites et Clyménies

Le gisement fossilifère famennien que j'ai trouvé au voisinage de Bourbon-Lancy, près du Moulin-du-Roi, m'a fourni un assez grand nombre d'empreintes de Goniatites et de Clyménies [105, 119] sur lesquelles subsistent parfois la trace des cloisons et qui peuvent être rapprochées de genres ou même d'espèces connues. Leur état de conservation est souvent très mauvais et rend difficile toute détermination précise. Elles se rencontrent, en effet, dans des schistes psammitiques, gris verdâtres foncés, durcis et comprimés, dans lesquels la schistosité a presque disparu. Les empreintes, conservées au milieu de ces schistes difficilement clivables, sont celles des parties latérales, souvent aplaties et déformées. Les seuls éléments de détermination sont la forme latérale, l'enroulement et le recouvrement des tours, l'ouverture de l'ombilic, les ornements des joues, côtes et stries d'accroissement, et les varices et les lignes suturales des cloisons, apparaissant dans les moules internes. Les parties ventrales et dorsales, les sections transversales des tours restent le plus souvent inconnues. La position ventrale ou dorsale du siphon ne peut être fixée.

J'ai trouvé, en tout, environ cinquante empreintes, parmi lesquelles une quinzaine seulement montrent les lignes suturales des cloisons ; grâce aux conseils qu'a bien voulu me prodiguer mon maître, M. Haug, j'ai pu répartir ces fossiles dans les trois groupes suivants :

1° Parmi les *Goniatites* :

a) Dans le phylum des *Anarcestidées*, genre *Chiloceras* Frech ;

b) Dans le phylum des *Agoniatitidées*, genre *Tornoceras* Hyatt. et genre *Meneceras*, Hyatt, Holzapfel.

2° Dans les *Clyménies*, G. *Clymenia* s. str. et *Oxyclymenia* (avec doute) ; G. *Gonioclymenia* (avec certitude).

1° **Goniatites** : a) *Anarcestidées*.

G. **Chiloceras** Frech, 1897.

Je fais rentrer hypothétiquement dans ce genre quelques rares empreintes de Goniatites dont les tours sont à accroissement rapide et très embrassants ; le dernier tour recouvre entièrement les précédents ; l'ombilic est presque invisible ; sur la surface extérieure, il y a des stries d'accroissement presque rectilignes ; sur la surface intérieure, trois varices internes transparaissent à 120° les unes des autres ; l'absence de lignes suturales visibles rend impossible toute détermination précise ; toutefois les stries rectilignes et les varices internes les rapprochent réellement du genre *Chiloceras*.

b) *Agoniatitidées*.

G. **Tornoceras**, sous-genre **Pseudoclymenia** Frech (fig. 43 et Pl. III, fig. 1 *a*, *b*, *c*).

Pseudoclymenia Sandbergeri Beyr. (*in* Frech).

Clymenia pseudogoniatites Sandb.

Goniatites Sandbergeri Beyr. (*in* Gümbel et Kayser).

A cette espèce paraissent correspondre d'assez nombreuses empreintes dont les caractères sont les suivants :

Loge d'habitation inférieure à 2/3 de tour ; tours élevés, à section probablement ogivale chez l'adulte, avec partie externe anguleuse, à accroissement rapide (embrassant sur 1/3 de la hauteur du tour) ; ombilic étroit, mais bien visible.

Fig. 43. — Lignes suturales des cloisons.

a. de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. (du Moulin-du-Roi), b. *Goniatites Sandbergeri* Beyr., in Kayser, c. de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Gümb., in Drevermann, d. de *Clymenia striata* Münst. in Roemer, o. ombilic, v. ventre.

La ligne suturale de la cloison présente les éléments suivants : un lobe médian externe très faiblement indiqué (la ligne suturale paraît souvent traverser la partie ventrale en restant rectiligne) ; la première selle latérale externe porte près du lobe médian la trace d'un lobe secondaire naissant. Le lobe latéral est large, peu profond, à bords descendants parallèles, avec, au fond, deux angles arrondis, celui du côté du ventre, plus aigu que celui qui regarde l'ombilic.

La deuxième selle principale est large, aussi large que la première selle laté-

rale externe, mais plus accentuée que cette dernière, de sorte que la deuxième branche du lobe latéral monte un peu plus que la première.

Le lobe médian interne, les selles latérales et les lobes latéraux internes, me sont restés inconnus.

La surface extérieure porte des stries d'accroissement fines mais bien marquées ; ces stries sont très rapprochées ; elles forment deux ondulations sur les parties latérales, l'une, voisine de la région ventrale, plus avançante que l'autre, voisine de l'ombilic ; au ventre, ces stries dessinent une sinuosité peu profonde, correspondant à un péristome peu échancré ; une strie un peu plus forte que ses voisines se rencontre toutes les 3 ou 4 stries. Des côtes naissantes sont ébauchées vers l'ombilic.

Rapports et différences. — Par sa loge courte, la forme ogivale et embrassante de ses tours, l'espèce décrite se classe dans le phylum des *Agoniatitidées*. Par l'existence de deux selles latérales, elle appartient au genre *Tornoceras* Hyatt., tel qu'il est défini par M. Haug [88, p. 38].

Par le détail du lobe médian et la naissance d'un lobe secondaire sur la première selle latérale, il se rapproche tout à fait de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. (*in* Frech).

Kayser, en 1873, décrit sous le nom de *Goniatites Sandbergeri* Beyr., une espèce d'ailleurs rare, des calcaires d'Enkeberg près Brilon (Prusse rhénane) dont la ligne suturale est très semblable à la mienne.

F. Drevermann, en 1900, signale sous le nom de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Gümb., une espèce du Dévonien supérieur de Langenaubach, près Haiger, dont les sutures sont également très voisines des miennes. Il l'identifie d'ailleurs avec *Goniatites Sandbergeri* Beyr., décrit par Kayser.

Il paraît certain que ces différentes empreintes sont celles d'une même espèce, *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. (ancien *Tornoceras Sandbergeri* Beyr.).

Parmi les échantillons, recueillis au Moulin-du-Roi et classés par moi dans cette espèce, certains appartiennent peut-être aux Oxyclymenia (*Oxyclymenia striata* Munst. *in* Gümbel et Roemer), la position ventrale ou dorsale du siphon et l'existence ou la non-existence d'une selle ventrale ne pouvant être vérifiées avec certitude.

D'ailleurs, Frech n'a créé en 1897, pour *Tornoceras Sandbergeri* Beyr., le sous-genre *Pseudoclymenia*, que pour faire ressortir l'extrême ressemblance de cette espèce avec les *Clyménies* (*Oxyclymenia ornata* et *Oxyclymenia undulata* Munst.) ; la forme de la coquille et la ligne suturale sont en effet très analogues ; la seule différence réside dans la position interne du siphon chez les Clyménies, externe chez *Pseudoclymenia*.

C'est, pour Frech, une forme très différenciée du groupe du *Tornoceras auris* Quen. ou du *Tornoceras undulatum* Sandb. On remarquera que la ligne suturale qu'en donne Frech, traverse la partie ventrale en restant très droite ; le lobe médian externe, correspondant au siphon, est très brusque et ne se laisse aucunement soupçonner sur la partie latérale. Ceci explique l'impossibilité dans

laquelle on se trouve de déterminer avec précision des échantillons dans lesquels la partie ventrale est généralement écrasée.

Abstraction faite de la selle ventrale, la ligne suturale de la cloison de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. me paraît plus semblable à celle de *Oxyclymenia striata* Munst., qu'à celle de *Oxyclymenia undulata* Munst., à laquelle Frech la compare.

Les ornements, stries et côtes naissantes vers l'ombilic, figurés par Frech sur *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. (*in* Frech) sont bien pareils à ceux de mon espèce ; par contre, les tours sont, dans cette dernière, à accroissement un peu plus rapide ; l'ombilic est un peu moins large.

G. **Meneceras** (fig. 44 et pl. III, fig 2).

J'ai recueilli plusieurs échantillons qui paraissent rentrer dans ce genre. Les caractères des tours sont voisins de ceux de l'espèce précédente. La loge d'habitation est également inférieure à deux tiers de tour ; les tours sont très embrassants, à section elliptique; la partie externe est moins anguleuse, plus arrondie.

La ligne suturale diffère très sensiblement de la précédente. Le lobe médian externe est assez large et plus profond ; la première selle latérale externe est divisée par un lobe secondaire arrondi, peu profond, plus proche du lobe latéral que du lobe médian externe, en deux selles secondaires dont la seconde est un peu plus élevée et plus pointue que la première ; ce lobe secondaire atteint la moitié de la profondeur du lobe latéral.



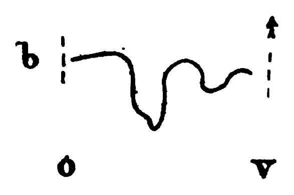


Fig. 44. — Lignes suturales des cloisons de *Meneceras* sp. (schistes famenniens du Moulin-du-Roi).

a. ligne suturale voisine de celle de *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr., b. ligne suturale plus différenciée, o. ombilic, v. ventre.

Le lobe latéral est deux fois plus profond que dans *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr., mais sensiblement plus étroit; il est à bords descendants parallèles et irrégulièrement arrondi au fond; à l'angle situé du côté du ventre, naît un lobe secondaire étroit qui augmente encore la profondeur du lobe latéral ; l'angle qui regarde l'ombilic est obtusément arrondi.

La deuxième selle principale est large et ne dépasse pas le niveau de la première selle.

Les caractères, qui distinguent nettement la ligne suturale de cette espèce de celle de la précédente, sont en résumé :

1° Subdivision de la première selle en deux selles secondaires par un lobe accentué ;

2° Lobe latéral plus étroit, plus profond, prolongé au fond et du côté du ventre par un petit lobe secondaire en pointe mousse.

3° Deuxième selle, ne dépassant pas le niveau de la première.

Rapports et différences. — La description que M. Haug donne du genre *Mene-*

ceras [88, p. 21], d'après Holzapfel, permet d'établir de nombreux points communs, mais aussi quelques différences, entre mes échantillons et ce genre.

L'enroulement des tours paraît très semblable. La première selle latérale externe est également divisée par un lobe arrondi qui se développe graduellement, dans le cours de l'évolution individuelle, en deux selles secondaires inégales dont la seconde est plus élevée ; la deuxième selle principale est également large.

Par contre, le lobe latéral est aigu dans *Meneceras*, alors que, dans mes empreintes, le lobe secondaire, naissant au fond du lobe latéral, forme une pointe mousse et non pas aiguë.

Aucune des quatre espèces de *Meneceras* de la zone supérieure du Dévonien moyen ne rappelle l'espèce décrite ici ; *Meneceras acutolaterale*, que Frech place dans la zone à Clyménies, n'y ressemble pas entièrement non plus.

D'autre part, il ne faut pas songer à en faire une forme de passage au genre *Sporadoceras* qui est longidôme et appartient au phylum des *Anarcestidées* ; les deux selles secondaires, formées sur la première selle latérale externe, ne sont pas égales et le lobe qui les sépare n'est ni très profond, ni très aigu.

C'est du *Pseudoclymenia*, précédemment décrit, que ce *Meneceras* probable paraît se rapprocher ; le lobe secondaire, né sur la première selle latérale de ce *Meneceras*, se trouve déjà ébauché sur *Pseudoclymenia* ; une légère dissymétrie au fond du lobe latéral de ce dernier genre, vers la partie ventrale, est un premier indice de la pointe mousse, développée sur ce *Meneceras*, qui apparaît comme une forme plus différenciée du même phylum des *Agoniatitidées* (fig. 44).

Les empreintes, jusqu'alors recueillies, sont insuffisantes pour être mieux déterminées et pour justifier la création d'une espèce nouvelle.

La plupart des formes précédemment décrites ne dépassent pas 4 à 6 cm. de diamètre ; seule une empreinte dont le dernier tour est très embrassant, l'ombilic étant tout à fait réduit, avec quelques côtes faiblement indiquées vers ce dernier, atteint 14 cm. Les lignes suturales des cloisons sont invisibles. Il s'agit plutôt là d'une Goniatite de grande taille que d'un Nautile comme je l'avais cru primitivement [119].

2° Clyménies.

Clymenia s. str. (fig. 45, *a*).

Quelques rares débris d'empreintes m'ont présenté des cloisons incomplètes dont les parties conservées pourraient être rapprochées des cloisons de certaines *Clymenia s. str.* (*Clymenia intracosta*, Fresh).

Oxyclymenia cf. **striata** Gümb. — J'ai déjà signalé plus haut que certaines empreintes, classées dans les *Pseudoclymenia*, pouvaient être rattachées, avec plus de vraisemblance, aux *Oxyclymenia* et en particulier à *Oxyclymenia striata* Gümb. ; la ligne suturale paraît y former, en effet, une selle médiane externe, nettement accusée, et correspondre à une position dorsale du siphon. Une variété de cette espèce, trouvée dans le gouvernement d'Orenbourg, en Russie, *Clymenia Barbarae* Loew. Lessing, se rapproche beaucoup, comme enroulement et lignes suturales, de mes empreintes.

Néanmoins, l'existence de cette espèce ne peut être affirmée ici avec certitude.

G. **Gonioclymenia**-*Gonioclymenia* sp., intermédiaire entre *Gonioclymenia pessoides* L. v. Bush, et *Gon. plana* Münst., *in* Fresch (fig. 45, *b.* et Pl. III, fig. 3).

Quelques rares empreintes que j'avais primitivement rangées dans le genre *Gephyroceras* [105], se classent avec plus de vraisemblance dans le genre *Gonioclymenia.*

Les tours sont contigus, à peine embrassants, à section elliptique, aplatie, probablement assez anguleuse au ventre, à accroissement médiocrement rapide, à ombilic assez large.

La ligne suturale des cloisons forme un lobe médian externe, très peu profond. Le premier lobe latéral (principal) est profond, mais non anguleux au fond ; le deuxième lobe latéral (adventif) est moins profond que le précédent, mais plus profond que le lobe médian externe ; il est arrondi au fond. Des deux selles latérales, la première est plus haute et plus arrondie que la seconde, qui est plus étroite et assez brusquement anguleuse vers l'ombilic.

L'ornementation consiste en fines stries d'accroissement en forme de faux peu accentuée, dénotant une échancrure prononcée du péristome et rejoignant le bord ventral sous un angle très aigu ; des côtes naissantes se dessinent sur le dernier tour avec une légère tendance à la formation de tubercules vers la partie ventrale.

Rapports et différences. — Par les caractères de la ligne suturale, cette espèce se rapproche de *Gonioclymenia pessoides* L. v. Bush (lobe médian externe peu prononcée ; première selle latérale un peu plus développée que la deuxième) ; par ses dimensions réduites et la forme probable de la section transversale, plus étroite vers le ventre que vers l'ombilic, elle se rapproche de *Gonioclymenia plana* Münst.

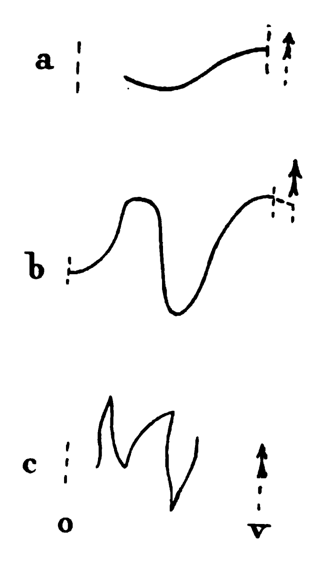


Fig. 45. — Lignes suturales des cloisons.

a. de *Clymenia s. str.* (incomplète), b. de *Gonioclymenia* sp., intermédiaire entre *Gon. pessoides* L. v. Bush et *Gon. plana* Münst., c. de *Gonioclymenia* cf. *plana* Münst. (incomplète), o. ombilic, v. ventre.

Toute détermination précise est, ici encore, impossible, étant donné le mauvais état de conservation des empreintes. La forme de la cloison sur les faces latérales, l'ouverture de l'ombilic rappellent les *Gephyroceratidées* ; mais vers la partie ventrale, la ligne suturale dessine l'amorce d'une selle médiane, non d'un lobe médian, caractère propre aux Clyménies.

Gonioclymenia cf. *plana* Münst, *in* Frech (fig. 45 *c* et Pl. III, fig. 4). Une

seule empreinte à ombilic large, à accroissement lent, montre une ligne suturale possédant un lobe latéral principal très aigu, une deuxième selle latérale subdivisée par un lobe adventif aigu, moins profond que le lobe latéral principal ; le reste de la ligne suturale est malheureusement inconnu. Ces éléments sont néanmoins suffisants pour pouvoir être rapportés au genre *Gonioclymenia*.

Gonioclymenia cf. *speciosa* Münst (Pl. III, fig. 5).

Enfin, un échantillon présente des tours très peu embrassants, à accroissement lent, à ombilic large, à côtes nettes et largement espacées, caractères se rapprochant de ceux du genre *Gonioclymenia* ; la ligne suturale est restée inconnue ; la section transversale des tours, plus arrondie que dans *Gon. plana* Münst. se rapproche de celle de *Gonioclymenia speciosa* Münst. (*in* Frech).

Niveau stratigraphique des Goniatites et Clyménies précédemment décrites. — On voit, par les descriptions qui précèdent, que l'attribution précise à des espèces connues des échantillons, recueillis au Moulin-du-Roi, est, la plupart du temps, impossible, par suite de l'insuffisance des empreintes conservées. Cependant, le doute sur leur niveau stratigraphique n'est pas permis ; elles appartiennent au Famennien. L'incertitude ne subsite en effet qu'entre espèces de ce niveau. *Pseudoclymenia Sandergeri* Beyr. qui est de beaucoup la plus abondante dans ce gisement, ne pourrait être confondue qu'avec *Oxyclymenia striata* Gümb. ; or ces deux espèces sont famenniennes. Le *Meneceras* trouvé est une espèce très différenciée du phylum des *Agoniatiidées* et ne peut appartenir qu'au Dévonien supérieur.

Quant aux Clyménies (*Clymenia s. str.* et *Gonioclymenia* variées), elles sont uniquement famenniennes. On sait en effet que le niveau à Clyménies caractérise le Dévonien le plus élevé ; il se rencontre en Allemagne, dans l'Oural, dans les Alpes Carniques. En France, il est signalé à Cabrières, tandis qu'un niveau famennien à Goniatites affleure à Rostellec. Il existe en Grande-Bretagne (S. Devon-Petherwyn) et en Amérique, dans le Montana. Enfin il a été récemment découvert dans le Sahara algérien.

Dans les Provinces Rhénanes, le Kellerwald et en Westphalie, grâce au travaux de Denckmann, de Kayser et aux siens, M. Frech a établi la succession suivante dans le Famennien :

a) Une zone inférieure, constituée par les *calcaires à Clyménies*, contenant *Pseudoclymenia* (*Tornoceras*) *Sandbergeri* Beyr., des *Chiloceras*, *Oxyclymenia striata* Münst.

b) Une zone supérieure, à *Gonioclyménies* et à grandes espèces de Goniatites différenciées, qui ne contient plus *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. ; des couches de calcaire plus ou moins noduleux, y alternent avec des schistes à Cypridines et des grès.

Les espèces trouvées aux environs de Bourbon-Lancy appartiendraient à la fois à ces deux niveaux. L'espèce la plus abondante y est, en effet, *Pseudoclymenia Sandbergeri* Beyr. (de la zone inférieure: Enkeberg) ; elle n'a pas été signalée ailleurs en France. Des espèces du g. *Gonioclymenia* qui y existent en moindre

abondance sont caractéristiques du niveau supérieur d'Allemagne ; *Gonioclymenia plana* Münst. se trouve à Cabrières.

En résumé, deux observations paraissent caractériser le niveau à Clyménies de Bourbon-Lancy : l'absence du faciès calcaire qui accompagne généralement ailleurs les Clyménies ; la coexistence dans les mêmes bancs d'espèces caractérisant deux niveaux, distincts en Allemagne.

Il est probable que les schistes à Cypridines, à Goniatites et à Clyménies du Moulin-du-Roi sont d'un niveau élevé du Famennien ; des signes d'évolution avancée se remarquent en effet dans les fossiles de ce gisement.

Les *Gonioclyménies* sont des *Clyménies* très évoluées ; le *Meneceras* sp. trouvé, paraît une forme évoluée du *Pseudoclymenia* (*Tornoceras*) *Sandbergeri* Beyr. ; enfin, il y existe des Goniatites de grande taille

BRACHIOPODES

L'étude des Brachiopodes du Morvan a été poussée très avant par Julien dans les gisements de la Varville, de Siguret, du domaine des Roches. Dans les nouveaux gisements de Boucharin, de Pomeray, d'Apussy, de St-Seine, j'ai retrouvé la plupart des espèces que cet auteur a décrites. Je n'en ai aucune nouvelle à présenter ici avec certitude ; je ne reviendrai sur les espèces, signalées par mon prédécesseur, que pour discuter l'exactitude des déterminations de certaines d'entre elles. On sait combien les empreintes sont, en général, écrasées et déformées dans le Morvan, et combien il est délicat d'y fixer les caractères d'espèces, déjà difficiles à déterminer lorsqu'elles sont à l'état de moules bien conservés.

Productus scabriculus Mart. — Les Productidés se montrent relativement rares dans nos gisements. Toutefois, l'on y rencontre assez fréquemment *Productus semireticulatus* Mart., qui y est bien net, et *Productus scabriculus* Mart. ; quelques empreintes à rapporter à ce dernier genre pourraient être prises pour des éléments de *Prod. pustulosus* Phill., espèce viséenne. Il est donc utile d'indiquer certains caractères très apparents sur quelques-unes de mes empreintes et qui sont bien particuliers au *Prod. scabriculus* Mart. Les stries d'accroissement sont peu prononcées et irrégulières ; les tubercules, d'où partent les épines, sont radialement oblongs, allongés et à cheval sur plus d'une strie d'accroissement, disposés en quinconce ; dans *Prod. pustulosus* Phill., ils sont plus fins et disposés en lignes entre les stries d'accroissement, sur lesquelles ils n'empiètent pas.

Une empreinte interne d'une valve dorsale m'a montré une apophyse centrale qui se rattache à l'apophyse cardinale par deux branches formant un angle très aigu et dessinant un triangle isocèle très étroit ; c'est là un caractère de *Productus scabriculus* que Davidson oppose à l'apophyse centrale à une seule branche de *Productus pustulosus* (fig. 46, *a*, *b*).

Spirifer cf. **tornacensis** Kon. — Julien attache une importance considérable à sa découverte de très nombreux spécimens d'un *Spirifer* qu'il n'hésite pas à identifier avec *Spirifer tornacensis* Kon. ; ne retrouvant pas tous les caractères

de cette espèce dans les échantillons que j'ai recueillis à Boucharin et à Apussy, j'ai cherché à les comparer aux échantillons types de Julien (collection personnelle de cet auteur).

Julien lui-même semble avoir longtemps hésité avant d'arriver à cette détermination ; de Koninck, consulté par lui en 1885, c'est-à-dire deux ans après qu'il eut créé *Spirifer tornacensis*, jusqu'alors confondu avec *Spirifer cinctus* Kayser, vit, dans les empreintes de la Varville, *Spirifer calcaratus* M'Coy. Cette espèce est considérée aujourd'hui comme le jeune de *Spirifer Verneuili* Murch. ; tous les auteurs sont d'accord sur ce point (Davidson n'en tenait plus compte dès 1856). Or l'espèce de la Varville ne doit certainement pas être rapportée au *Spirifer Verneuili* Murch. Il n'en reste pas moins que de Koninck, qui cependant connaissait bien *Sp. tornacensis*, puisqu'il en était l'auteur, ne le reconnut pas dans les échantillons du Morvan.

J'ai pu comparer les empreintes de Julien avec d'assez nombreux *Spirifer tornacensis* Kon., provenant de Belgique, que possède la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand.

Il convient d'abord de formuler quelques observations sur les variations dont paraît susceptible *Spirifer tornacensis* Kon. Dans la diagnose qu'en donne de Koninck, il indique que la coquille, quelle que soit sa taille, est toujours transverse et beaucoup plus large que longue ; il ajoute que, cependant, sa longueur s'accroît plus rapidement que sa largeur, ce qui rend un peu variable ses proportions relatives. Le bourrelet de la valve dorsale, le sinus de la valve ventrale ne sont ni très prononcés, ni nettement définis ; chacune des deux valves est ornée de nombreux plis rayonnants, d'une largeur presque égale et dont le diamètre s'accroît avec le développement de la coquille. Les plis sont au nombre de 10 à 12 sur le bourrelet et le sinus ; ils se bifurquent rarement. Ils sont arrondis et couverts de lamelles d'accroissement, imbriquées et très minces.

Les aréas des valves sont à bords parallèles ; celui de la valve ventrale est plus large que celui de la valve dorsale et à angle droit sur ce dernier. Leur surface est striée en travers. L'ouverture deltoïde est triangulaire.

Les échantillons de *Sp. tornacensis* Kon., provenant de Belgique, que j'ai étudiés, ne rentrent pas tous exactement dans l'espèce ainsi décrite. Ils se groupent en deux types : l'un franc, présentant des lignes d'accroissement formant un angle obtus vers l'extérieur avec la ligne cardinale, bien plus large que long ; l'autre à peu près aussi large que long, ses lignes d'accroissement formant un angle presque droit avec la ligne cardinale ; les aréas sont dans ce deuxième type, légèrement triangulaires ; il se rapproche de *Sp. trigonalis* Dav. *Sp. tornacensis* apparaît comme un type non entièrement fixé, transitoire entre *Sp Verneuili* Murch. et *Sp. mosquensis* Fischer.

Un caractère commun aux deux types de *Sp. tornacensis* réside dans ce fait que le bourrelet se relie insensiblement aux ailes avec une pente ménagée ; il n'est indiqué que par les deux sillons qui le bordent et qui sont seulement légèrement plus profonds que les autres sillons.

Il est certain que les empreintes que Julien a recueillies à la Varville et a assi-

milées au *Sp. tornacensis* Kon., rappellent le type franc de cette espèce. La forme nettement transverse, les aréas rectilignes, le grand nombre de côtes rayonnantes (34 environ sur chaque aile, très légèrement plus larges sur le bourrelet et le sinus) sont des caractères de *Spirifer tornacensis* Kon. Le bourrelet et le sinus paraissent un peu plus nettement délimités.

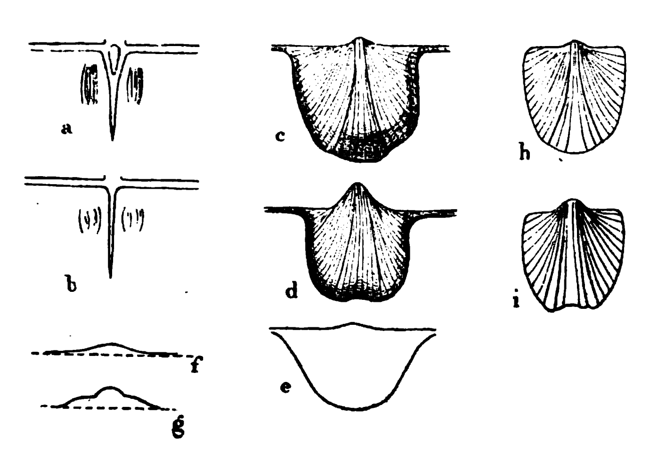


Fig. 46. — a. b. Apophyses centrales et cardinales

a. de *Productus scabriculus* Mart., b. de *Productus pustulosus* Phill., c. *Spirifer* cf. *tornacensis* Kon. (valve dorsale) des schistes tournaisiens d'Apussy, d. le même (valve ventrale), e. *Spirifer tornacensis* Kon. de la Varville (in Julien), contours de la valve dorsale, f. g. sections transversales des valves dorsales, f. de *Sp. tornacensis* Kon., g. de *Sp.* cf. *tornacensis* Kon. d'Apussy, h. i. *Spirifer* sp. de Boucharin, h. valve dorsale, i. valve ventrale.

Par contre, les empreintes que j'ai recueillies à Apussy (fig. 46 *c, d, g* et Pl. IV, fig. 3 *a, b*) ont certains caractères différents, qui les rapprocheraient plutôt du type aberrant.

Voyons d'abord leurs caractères communs avec les empreintes de la Varville : ligne cardinale, prolongée très au delà de la plus grande largeur des ailes ; même aréa à bords subparallèles, étroit, strié transversalement ; plis sur les lobes latéraux, de valeur semblable et de nombre égal à une même distance du crochet ; stries d'accroissement également fines et se prolongeant le long de la ligne cardinale.

Ils diffèrent par les caractères suivants : forme générale beaucoup moins transverse (abstraction faite des prolongements de la ligne cardinale non accompagnés par les lobes latéraux) ; les lignes d'accroissement arrivent fort près de la ligne cardinale avec une direction perpendiculaire, puis elles se réfléchissent brusquement vers l'extérieur pour lui devenir presque parallèles et ne l'atteindre que sous un angle très aigu.

Le bourrelet de la valve dorsale est bien mieux délimité par deux sillons profonds et par une variation brusque dans la déclivité, plus grande sur les flancs du bourrelet que sur les lobes latéraux.

Le sinus de la valve ventrale est bien défini et assez profond. Il présente 1 côte médiane plus large et 3 côtes de chaque côté, à 20 mm. du crochet (7 côtes en tout).

Les échantillons d'Apussy se rapprochent donc du type aberrant de *Sp. tornacensis* Kon. qui paraît avoir des affinités avec *Sp. trigonalis* Dav.

On voit, en résumé, qu'il est prudent de ne rapporter qu'avec doutes les débris très incomplets des Spirifères de la Varville et d'Apussy au *Spirifer tornacensis* Kon.

Spirifer Rœmerianus Kon. — J'ai trouvé un assez grand nombre d'empreintes qui correspondent bien à la description de *Spirifer Rœmerianus* Kon. Julien signale cette espèce à la Varville et en donne les principaux caractères [79, p. 93, Pl. I, f. 12, 13].

Spirifer sp. (fig. 46 *h*, *i*). — Des échantillons, provenant de Boucharin et qui présentent certains caractères de l'espèce précédente en diffèrent cependant par la forme et les proportions générales.

Ils ont, comme cette dernière, une valve ventrale plus profonde que la valve dorsale, un crochet assez aigu et recourbé sur la valve ventrale, le même nombre de côtes à 2 cm. du crochet (10 sur chaque lobe latéral, 3 à 5 sur le lobe médian); la partie médiane du sinus est large et un peu proéminente ; elle se traduit, sur le bourrelet, par une côte médiane plus large que ses voisines et méplate ; les sillons qui limitent le bourrelet et les côtes qui limitent le sinus, sont bien marqués.

Mais tandis que la coquille de *Sp. Rœmerianus* Kon. est nettement transverse, plus large que longue, celle du *Spirifer* de Boucharin est franchement plus longue que large et cela, à un stade de développement comparable. Les côtés latéraux sont presque perpendiculaires à la ligne cardinale et forment avec elle un angle arrondi et non aigu. L'aréa n'occupe pas tout à fait la plus grande largeur de la coquille.

Il me paraît impossible de faire rentrer les empreintes de Boucharin dans le *Sp. Rœmerianus* Kon. Elles rappellent *Spirifer pentagonus* Kon., mais ne peuvent lui être identifiées. Elles constituent vraisemblablement une espèce nouvelle.

Spirifer Urii Flem. — Julien a trouvé à la Varville quelques spécimens de *Spririfer Urii* Fleming, à coquille lisse et portant un sillon médian sur chaque valve, à ligne cardinale droite et bien plus courte que la plus grande largeur de la coquille. Cette espèce se montre en abondance à Boucharin et à Pomeray.

Martinia lineata Mart. (fig 47 et pl. IV, fig 4 *a*, *b*, *c*). — Je ne reviendrai sur *Martinia lineata* Mart., signalé à la Varville par Julien [79, p. 98, Pl. II et VII] et décrit par Davidson, que pour indiquer sa fréquence à Saint-Seine (la Forge de la Loge) et pour insister sur l'ornementation offerte, sur les empreintes externes, par les points d'insertion des longues épines imbriquées qui forment une série de franges régulières, se débordant l'une l'autre, sur toute la coquille. Les empreintes des épines sont généralement absentes et les points d'insertions apparaissent seuls, alignés suivant des lignes concentriques et équidistantes,

correspondant à des bourrelets successifs d'accroissement. Sur chacune de ces lignes, les épines étaient insérées obliquement vers le bord palléal et en bouquets de deux ou trois sur de petites protubérances également équidistantes; chacune de ces protubérances se trouve ainsi percée généralement de deux, plus rarement de trois cavités profondes où s'engageait la base des épines (fig. 47); ces cavités s'enfoncent très obliquement vers le crochet ; il est probable que les épines étaient sécrétées par des prolongements filiformes du bord du manteau, sortant de dessous la valve, et que les lignes concentriques d'épines sont nées successivement au fur et à mesure de la croissance.



Fig. 47. — Insertions des épines sur la surface externe de *Martinia lineata*. Mart.
(grossiss. 15 diam.)

Sur l'empreinte externe très grossie (15 diam.), telle que nous la montre la fig. 4 *c*, Pl IV, les protubérances apparaissent en creux dans ces cavités; les trous d'insertion se montrent sous forme de tubercules oblongs, au nombre de deux, plus rarement au nombre de trois par cavité Ces tubercules sont insérés vers le bord palléal et couchés vers le crochet.

J'ai hésité quelque temps avant d'être fixé sur l'origine réelle de ces lignes régulières de tubercules oblongs, microscopiques. Ils m'ont apparu d'abord sur des débris de coquilles informes, simulant des surfaces foliaires, couvertes de stomates, ou des organes inconnus d'animaux problématiques ; c'est un examen microscopique attentif d'empreintes mieux conservées de *Martinia lineata* Mart, qui m'a éclairé sur leur véritable origine.

Je ne m'arrêterai pas à certaines espèces trouvées et bien décrites par Julien, bien que j'en aie recueilli moi-même de bons échantillons, telles que *Chonetes variolata* d'Orb., *Orthothetes crenistria* Phill., *Rhipidomella Michelini* Lév., *Schizophoria resupinata* Mart., *Syringothyris* cf. *distans* Sow., *Spiriferina partita* Portl., *Athyris Roissyi* Lév., *Rhynchonella acutirugata* Kon.

LAMELLIBRANCHES

Julien a signalé les principales espèces de Lamellibranches que l'on rencontre dans les gisements tournaisiens du Morvan. J'en ai retrouvé des spécimens bien conservés à Boucharin, à Saint-Seine ; je citerai comme probables : *Sanguinolites inconspicuus* Kon., *Parallelodon bistriatus* Portl., *Parallelodon meridionalis* Kon., *Leiopteria* cf. *columbo* Kon. (c'est le *Leiopteria Van den Broecki* Jul.), *Aviculopecten* cf. *granosus* Sow. (*Av. Pomeli* Jul.), *Aviculopecten ingratus* Kon., *Aviculopecten biornatus* Kon., *Aviculopecten obliquatus* Kon.

Conocardium cf. **irregulare** Kon. (Pl IV, fig. 5). — J'ai recueilli, à Saint-Seine, quelques rares empreintes d'un *Conocardium*, non signalé par Julien, qui

se rapproche de *Conocardium irregulare* Kon., dont W. Hind donne une description complète.

Mon espèce est transversalement triangulaire, comprimée en avant et en arrière ; la valve n'a en réalité pas de partie postérieure, mais seulement une surface latérale dont les aires antérieure et postérieure forment entre elles un dièdre obtus ; l'arête de ce dièdre est indiquée par une forte carène, oblique vers l'avant ; la partie médiane fait corps avec la partie cordiforme ; la coquille doit être un peu baillante vers l'avant comme l'indique un compression, naissant suivant une ligne qui fait 35° avec la ligne cardinale ; elle se termine vers l'arrière par un rostre prolongé. Elle a 7 à 8 mm. de long, sur 5 mm. de haut.

Les ornements de la partie aliforme sont constitués par des côtes fines, filiformes et saillantes, séparées par des intervalles 4 à 6 fois plus larges que ces dernières et à fond plat. Des stries d'accroissement également fines, très rapprochées et parallèlles au bord antérieur croisent les côtes et forment avec elles un réseau serré.

La partie médiane, qui est brusquement séparée de la partie aliforme par la carène, présente une ornementation très différente, constituée par trois côtes épaisses qui semblent prendre naissance non au crochet, mais le long de la carène.

Une côte coudée en son milieu, vers l'arrière, sépare la partie médiane de la partie cordiforme, sans qu'il y ait changement sensible de plan. Cette dernière partie porte quatre côtes aussi fortes que les précédentes. Les stries d'accroissement sont moins prononcées sur les parties médiane et postérieure que sur la partie antérieure, elles ne se voient qu'à la rencontre avec les côtes ; les sillons sont lisses.

La partie postérieure est très peu tronquée à la base du rostre qui porte des stries d'accroissement obliques.

Dans *Conocardium irregulare* Kon., la carène est verticale et non oblique vers l'avant ; le rostre est encore plus franchement basé que dans mon espèce. Mais l'ornementation est très semblable, en particulier la brusque différence entre les côtes de la partie aliforme et celles des parties médianes et cordiformes.

Conoc. irregulare Kon. n'a été trouvé que dans le Viséen.

CHAPITRE V

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE DES ROCHES ÉRUPTIVES DU FAISCEAU SYNCLINAL DU MORVAN.

Historique

L'étude pétrographique des roches éruptives du Morvan n'a été abordée avec les nouvelles méthodes de la pétrographie qu'à une date relativement récente. Leur étude chimique n'a jusqu'ici jamais été entreprise.

A l'époque plus reculée, où les géologues devaient se contenter de l'observation à la loupe, la connaissance des roches du Morvan restait dans l'imprécision la plus grande.

En 1841, Dufrénoy et E. de Beaumont [2, p. 152] indiquent combien est difficile la distinction des roches diverses du Morvan, à cause des passages insensibles qu'il y a entre les différentes formations de cette région. Voici comment ils s'expriment à ce sujet :

« Le Morvan est composé essentiellement de granite et de porphyre ; ces deux « roches y présentent des passages si gradués que leur distinction paraîtrait « tenir seulement à des différences dans la proportion et dans la texture des élé- « ments qui les composent, sans la pénétration fréquente du porphyre dans le « granite, pénétration qui nous montre que ces roches appartiennent à des épo- « ques différentes de la formation du globe. Les gneiss, les leptynites et les « eurites de la Bourgogne se fondent également les uns dans les autres. Enfin « les gneiss offrent des passages prononcés à des roches stratifiées et dont l'ori- « gine neptunienne est évidente. Ces passages entre des roches d'origines si « diverses établissent un lien commun qui les a fait regarder pendant longtemps « comme appartenant à un même terrain... Ces passages fournissaient à Wer- « ner un de ses principaux arguments pour admettre la formation des roches « feldspathiques par la voie sédimentaire ».

En 1847, Manès publia une « Statistique minéralogique, géologique et minéralurgique du département de Saône-et-Loire » [6], indiquant les limites entre la région de granite et celle de gneiss, au Sud du bassin d'Autun.

Dans sa très remarquable *Description géologique et minéralogique du départe-*

ment de la Loire, Grüner développe, en 1857, des idées nouvelles sur l'âge des principales formations éruptives et paléozoïques de la région. Cette étude devait, quelques années plus tard, servir de point de départ aux travaux de M. Michel-Lévy sur le Morvan. Grüner [10, p. 80, 267] distingue un Paléozoïque inférieur comprenant un terrain schisteux ancien, composé de micaschistes, de gneiss et de granites schisteux, formations qu'il croit antésiluriennes et de roches éruptives anciennes, granite grenu et granite porphyroïde, associés à des pegmatites et à des leptynites. Ces roches, pour lui, ont paru avant la période carbonifère [10, p. 153]. Son Peléozoïque supérieur correspond au système carbonifère et comprend trois niveaux :

1° A la base, le terrain de grauwacke (groupe quartzo-schisteux, peut-être dévonien, et groupe calcaréo-schisteux : calcaire carbonifère) ;

2° Au-dessus, un terrain houiller inférieur, formé par les grès à anthracites ou tufs porphyriques, assimilé au Millstonegrit des Anglais, confondu jusqu'alors avec des porphyres éruptifs ;

3° Au-dessus de ces grès, le Houiller proprement dit.

Entre chacun de ces trois niveaux, Grüner distingue une sortie spéciale de roches éruptives ; le porphyre granitoïde entre les deux premiers, le porphyre quartzifère entre les deux derniers.

Les grès à anthracites de Grüner furent décrits tantôt comme mélaphyres, tantôt comme diorites, tantôt comme granites à grains fins (par Héricart-de-Tury et Rozet et par Dufrénoy). Grüner attribue leur origine à la désagrégation des porphyres granitoïdes.

Il définit le porphyre granitoïde une roche éruptive, composée de quartz, de feldspaths et de mica, comme le granite avec lequel il était confondu, mais contenant une moindre proportion de quartz et une plus grande proportion de feldspath, la « masse feldspathique » étant composée non plus d'un seul feldspath, l'orthose, mais bien de deux feldspaths, l'un potassique et l'autre sodique, probablement l'albite, qui se trouve en bien plus forte proportion que le premier ; Delesse, s'appuyant sur la densité de ce feldspath, concluait à l'oligoclase. La pâte entière est cristalline, à l'encontre de ce qui se passe dans le porphyre quartzifère. Ce dernier se compose d'une pâte plus ou moins compacte, cristalline ou terreuse, au milieu de laquelle se dessinent des cristaux de feldspath, de quartz bipyramidé et de mica et des nodules peu réguliers d'une substance cireuse (pinite-villarsite) ; la pâte est blanche, rose ou rouge ; quelquefois verte ou gris noir.

De cette classification des roches de la Loire, imaginée par Grüner, certains résultats sont admis, encore de nos jours. La formation, appelée par lui grès à anthracites, est bien, en partie du moins, d'origine sédimentaire et sa position stratigraphique est bien carbonifère, inférieure au Houiller proprement dit.

Mais les idées bien arrêtées de Grüner sur l'âge absolue des roches éruptives paralysèrent longtemps les progrès de la pétrographie française. Pour lui, une même espèce de roches ne pouvait se rencontrer qu'à un âge déterminé de la série sédimentaire tout entière. C'était la négation de la liaison entre les systè-

mes de montagnes et les séries éruptives, souvent comparables, qui les accompagnent, et l'établissement d'une série éruptive générale sans récurrences. Or, dès 1874, M. Michel Lévy a été forcé d'admettre une récurrence tertiaire.

Ces conceptions, par leur simplicité et leur clarté, facilitèrent grandement les premières études sur la stratigraphie si complexe du Paléozoïque de la France centrale; mais, par leur inexactitude, elles gênèrent beaucoup les premiers efforts des pétrographes.

Il faut, en effet, d'une part, laisser entièrement de côté les idées de Grüner et de ses contemporains sur l'âge des principaux granites du Plateau Central et de son Paléozoïque inférieur. Il faut, en outre, rattacher ses porphyres granitoïdes aux orthophyres et microgranulites. Quant à la succession, granite, granulite, porphyre quartzifère (microgranulite), elle est vraie pour les roches éruptives du système hercynien. On peut même y joindre les lamprophyres du Permien; mais il ne faut pas sortir du système hercynien.

C'est seulement vers 1873 que commencèrent les recherches actives, poursuivies sur les formations du Morvan, analogues à celles de la Loire.

En 1845, de Charmasse [5, p. 750] avait émis, toutefois, l'hypothèse hardie et neuve pour l'époque, que le porphyre noir, qu'il fallait distinguer dans le Morvan du porphyre rouge quartzifère, n'était pas une roche éruptive. Il constatait, en effet, que le porphyre noir était percé par le porphyre rouge quartzifère et était plus ancien que lui et, de plus, qu'il y avait passage du porphyre noir à des schistes, tantôt argileux, tantôt pétrosiliceux et compacts. Mais il ne précisait pas la nature de cette roche et n'en fixait pas l'âge.

M. Michel-Lévy publia, dès 1873, une « *Note sur les roches porphyriques du terrain antrhacifère* » [13, p. 24] dans laquelle on trouve déjà l'idée de l'extension aux porphyres du Morvan des opinions de Grüner sur l'âge et la formation du terrain anthracifère. L'objet principal de cette note est la mise en doute de l'origine uniquement sédimentaire du terrain anthracifère; il y aurait eu, pendant le dépôt des grès à anthracite, continuation des éruptions de porphyre granitoïde et, de plus, une série d'éruptions spéciales amenant au jour des roches à pâte porphyrique. M. Michel-Lévy s'appuie sur d'autres exemples, empruntés aux Vosges, à des roches d'Auvergne et du lac de Lugano : certaines conclusions sont intéressantes; « ces éruptions, dit-il, ont donné lieu à la production de tufs, de « conglomérats et de brèches, les uns subaériens, les autres formés sous l'eau ».

Dans une deuxième note [14, p. 60] de la même année, M. Michel-Lévy subdivise les porphyres granitoïdes, trop compréhensifs, de Grüner en trois catégories :

1° Porphyres granitoïdes feldspathiques (à orthose et oligoclase, à mica, sans quartz apparent; la pâte y est entièrement cristalline);

2° Porphyres granitoïdes quartzifères (à nombreux grains de quartz, ayant tendance à s'agglomérer, à orthose et oligoclase, à mica noir ; la pâte est cristalline, remplie de petits grains de quartz);

3° Porphyres granitoïdes euritiques (à grains de quartz plus ou moins rares,

à orthose rare, oligoclase abondant, mica noir ; la pâte est granitique, remplie de mica noir).

C'est dans cette dernière catégorie que rentrent la plus grande partie des porphyres granitoïdes de Grüner.

L'année suivante [16, p. 177], M. Michel-Lévy définissait une nouvelle classe de roches éruptives, celle des granulites (« roches exclusivement éruptives, à « grains fins, essentiellement composées de lamelles abondantes de feldspaths, « au milieu desquelles on distingue de nombreux grains de quartz et des pail« lettes de mica ordinairement argentin »); en suivant les idées de Grüner sur l'âge absolu des roches éruptives, il plaçait ce nouveau groupe entre les granites porphyroïdes et les porphyres granitoïdes. La succession alors admise était la suivante :

1° Granites porphyroïdes ;

2° Granulites (dévoniennes) ;

3° Porphyres granitoïdes (calcaire carbonifère) ;

4° Porphyres quartzifères (antérieurs au Houiller supérieur) ;

5° Porphyres quartzifères noirs, avec auréoles métamorphiques (postérieurs au Houiller supérieur), formant une série complexe.

A la suite du travail précédent, se trouve une note sur les granulites et les porphyres quartzifères des environs d'Avallon [17, p. 189], dans laquelle M. Michel-Lévy signale au milieu du granite de Lormes des filons minces de granulite, des filons de porphyre quartzifère (la Maladrerie, église de Lormes, Bois des Grands-Vernets) qu'il fait rentrer dans sa quatrième catégorie (antérieure au Houiller) et des nappes porphyriques en relation avec le Houiller de Sincey, antérieurement décrites par Guillebot de Nerville [8, p. 127] ; il admet, pour ces dernières, les conclusions de son prédécesseur, à savoir que ces porphyres à pâte cornée et à pinite, toujours intercalés entre le granite et le Houiller, mais paraissant disloquer ce dernier, sont d'un âge comparable aux eurites de la Selle, c'est-à-dire postérieurs au Permien inférieur ; il attribue la provenance des galets de porphyre à pâte cornée du Houiller de Sincey, non au remaniement du porphyre de Sincey, mais à celui de porphyres antérieurs au Houiller supérieur, tels que ceux de Montreuillon et de la Colancelle. Il signale encore, dans cette note, des filons minces de porphyre quartzifère, violet foncé (Moulin Cadoux et Marrault) qu'il croit bien plus récents (postérieurs au grès rouge).

Jusqu'alors, l'usage du microscope, que M. Michel-Lévy commençait seulement à appliquer aux roches du Morvan, n'avait pas encore permis de fixer une base sérieuse pour l'étude et la classification des roches éruptives ; aussi, dans les trois notes, que nous venons d'analyser, n'est-il fait mention que de résultats d'observation à l'œil nu ou à la loupe ; et les subdivisions, établies parmi les porphyres granitoïdes et quartzifères, le furent plus à la suite de considérations stratigraphiques qu'après une étude pétrographique réelle.

Dans un mémoire intitulé : *Sur quelques caractères microscopiques des roches anciennes acides, considérées dans leurs relations avec l'âge des éruptions*, publié par M. Michel-Lévy au commencement de l'année 1875 [18, p. 199], sont jetées

les premières bases de cette science, alors nouvelle, la pétrographie ; la structure des roches éruptives acides y est pour la première fois entrevue avec les découvertes suivantes : existence de un ou de deux temps distincts de consolidation du magma, d'un ordre de cristallisation des différents minéraux composants ; découverte des textures granitiques, granulitiques (quartz rétracté), pegmatoïde (micropegmatite, cristallisation simultanée) ; connaissance de la constitution de la pâte cornée des porphyres, restée jusqu'alors impénétrable et découverte, dans les roches françaises, des textures sphérolitique, fluidale et vitreuse.

Ce furent les porphyres granitoïdes qui, les premiers, révélèrent l'existence de la micropegmatite ; les porphyres houillers de la Colancelle, celle des sphérolites à croix noire. Les roches anciennes du Morvan et de la Loire fournirent donc, dès 1875, une belle moisson de découvertes sur la structure des roches. Je ne rappellerai pas la classification proposée dans cet ouvrage où l'on vit dans les caractères microscopiques nouvellement découverts autant de preuves à l'appui des théories de Grüner sur la relation intime existant entre la structure des roches acides et l'âge de leurs éruptions. Cette classification démontrait qu'il y avait eu diminution des facteurs de la cristallisation avec l'âge, durant les époques carbonifère et permienne.

Il est intéressant de rapprocher ces anciennes théories de celles qui ont cours actuellement : le granite qui se trouve être, dans la Loire comme dans le Morvan, d'âge tournaisien, laisse d'abord déposer dans ses fentes des roches de fumerolles (pegmatite-granulite), puis le refroidissement gagne en profondeur et les microgranulites proviennent de réservoirs plus profonds, dans lesquels se sont élaborés leurs phénocristaux ou cristaux du premier temps, bien différents des grands cristaux d'orthose du granite porphyroïde qui représentent, avec le quartz, les « endproducts » de la consolidation du granite (eutectisme).

De même, les éruptions de porphyres pétrosiliceux et de lamprophyres, qui sont les derniers termes de cette évolution, sont dans le sens de M. Rosenbusch les sorties complémentaires, de ces derniers laccolites, les uns très acides, les autres très basiques, mais tous deux riches en alcalis.

Nous verrons plus loin que la chimie prête son appui puissant à ces nouvelles théories que M. Michel-Lévy a professées, dans ces dernières années, au Collège de France.

Dans un mémoire de 1875 [19], M. Michel-Lévy a récapitulé les données nouvelles sur les *structures des roches acides* que lui a fournies principalement l'étude du Morvan. Il y insiste sur la caractéristique de la structure de la pegmatite : à savoir la cristallisation simultanée du quartz et de l'orthose. Pour lui, c'est une structure essentiellement promorphique, c'est-à-dire immédiatement antérieure à la première consolidation de la roche ; tandis que la structure microgranulitique affecte souvent des caractères secondaires immédiats. On voit souvent, dans certains porphyres, des palmes de micropegmatite se développer autour des grains de quartz anciens. Puis on passe aux sphérolites à extinction des porphyres à quartz globulaire et aux sphérolites à croix noire des porphyres pétrosiliceux. A l'autre bout de l'échelle, le quartz et l'orthose, dits de deuxième

consolidation des granites, jouent le même rôle que la micropegmatite dans les porphyres. Les « endproducts » de toutes les roches acides sont donc composés de quartz et d'orhose.

Pendant l'année 1876, on discuta beaucoup sur les porphyres granitoïdes et sur la formation anthracifère du Morvan. Dans une course de la Société géologique (28 août 1876) aux environs de Cussy, M. Delafond [20, p. 724] émettait l'avis que les schistes et grès de la montée de Cussy, comme les calcaires de la carrière de Fayé, étaient carbonifères et disloqués par le porphyre granitoïde auquel il donnait une extension considérable sur la feuille de Château-Chinon. M. Michel-Lévy lui opposa une opinion différente [21, p. 729] ; il vit, au milieu des grès et schistes de Cussy, d'abord des filons de granulite et de pegmatite, et c'était pour lui une preuve que la granulite avait prolongé ses éruptions au delà des dépôts carbonifères ; il y vit en outre des roches vertes et des tufs porphyriques, se retrouvant entre Cussy et Montloiron, qu'il rattachait au terrain porphyrique anthracifère, et dont il attribuait l'origine à des sorties de porphyres noirs éruptifs disloquant la granulite et les roches voisines. A la suite de cette note se trouve rectifiée l'opinion que les porphyres quartzifères des salbandes du terrain houiller de Sincey lui étaient postérieurs.

Dans une course faite à la même époque entre Autun et le Creusot, M. Michel-Lévy [22] expose les idées qu'il avait alors sur le gneiss gris, le granite porphyroïde, la granulite et ses variétés granitoïdes et porphyroïdes. La théorie du métamorphisme de contact n'était pas encore née.

A la fin de l'année 1876, il publie une note [23] « *Sur divers états globulaires de la silice* », constatés dans des porphyres du Morvan dont il fait une classe nouvelle, postérieure à celle des porphyres quartzifères à grands cristaux, antérieures au poudingue permien inférieur (porphyre euritique rubané des Settons, porphyre euritique rose, finement globulaire, de Cussy-en-Morvan (Montloiron), distinction des sphérolites à croix noire et des sphérolites à extinction, association de ces sphérolites).

C'est en 1879 que se trouvaient établis d'une manière durable les déterminations des roches éruptives du Morvan et l'ordre chronologique de leurs éruptions. Les différentes notes de M. Michel-Lévy durant cette année et la carte géologique au 80.000e d'Autun, publiée en 1879, bientôt suivie par celle de Château-Chinon (1881), contiennent une série de résultats dont beaucoup sont restés valables.

Dans une première note intitulée : *Aperçu général sur la constitution du Morvan* [27], se trouvent exposées les données qui furent consignées dans la légende de la feuille d'Autun ; l'ordre d'apparition des roches et des formations y est établie de la manière suivante (de bas en haut) :

Terrains cristallins et éruptifs.	*Formations et âges géologiques.*
ξ^1. — Gneiss et leptynites δ_1. — Amphibolites σ_1. — Serpentines	Substratum gneissique.
$\eta^1\nu_1$. — Diorites, diabases, porphyrites amphiboliques	Base du système quartzo-schisteux.
γ_1. — Granite	Schistes maclifères, hornfels cambriens.
$\gamma^1, \zeta\gamma^1$. — Granulite, gneiss granulitique	Au travers des strates dévoniennes.
γ^2. — Tufs granulitiques, granulites à mica noir, minettes et kersantites (partie des anciens porphyres granitoïdes de Grüner)	Précédant le système calcaro-schisteux (carbonifère).
$\nu^1 h_{IV}$. — Tufs porphyritiques (anciens grès anthracifères du Roannais) ν^1. — Orthophyres à mica noir, porphyrites à pyroxène (porphyres noirs de M. de Charmasse)	Surmontant le système calcaro-schisteux (carbonifère).
γ^3. — Microgranulites (partie des anciens porphyres quartzifères) π_1. — Porphyres à quartz globulaire recoupant les microgranulites (partie des anciens porphyres quartzifères)	Surmontant les tufs porphyritiques.
π^1. — Porphyres pétrosiliceux, pyromérides	Antérieurs au Houiller.
μ^1. — Porphyrites micacées et mélaphyres	Base du Permien.
Q^1 Filons de quartz	Age des arkoses triasiques.

La disposition zonaire en bandes E. N. E.,-O. S. O. des formations cristallines, éruptives et sédimentaires du Morvan, les principales directions de filons sont sommairement indiquées dans cette note de 1879.

Les notes suivantes sont, soit des comptes rendus de courses, faites par la Société géologique, soit des mémoires spéciaux. On y trouve les descriptions détaillées et les définitions techniques des principales roches mentionnées dans

la légende précédente. Nous en sortirons des données originales encore intéressantes :

« *Course de Semur à Saulieu par la Motte-Ternant* » [28]. M. Michel-Lévy signale pour la première fois la naissance des feldspaths par voie métamorphique. Il s'agit ici des grands cristaux d'orthose du granite porphyroïde qui naissent dans les leptynites des gneiss voisins, soit en cristaux isolés, soit en minces filonets. La constatation de zones de passage, avec caractères pétrographiques confondus et mélangés, entre deux grands massifs de roches acides quelconques, juxtaposés (granite et gneiss, granulite et gneiss, granite et granulite, microgranulite et granite, porphyre pétrosiliceux et microgranulite, porphyre pétrosiliceux et tuf porphyritique), intrigue l'auteur, mais reste inexpliquée.

« *Note sur la formation gneissique du Morvan* » [29].

Elle comprend successivement la description :

1° De la bande septentrionale (Semur-Avallon) qui présente :

Le gneiss noir grenu de Chastellux ;

Le gneiss granitique de Rouvray (riche en feldspath) ;

Le gneiss micacé de Ruffey (très micacé) ;

Les leptynites de Semur ; } Disparition de la structure
Les amphibolites de Chausserose ; } rubanée.

Le gneiss granitique, par métamorphisme du granite ;

Le gneiss granulitique, par métamorphisme de la granulite.

2° Des environs d'Autun :

a) Les lambeaux gneissiques, disloqués par le granite et la granulite entre Saint-Pierre-de-Varennes et Saint Léger-sous-Beuvray, permettent d'affirmer, après de Charmasse et Moreau, la postériorité de la granulite au gneiss et au granite (Manès et Drouot avaient réuni la granulite au gneiss).

b) Grande lentille gneissique allant du parc de Montjeu à Marmagne.

Gneiss granulitique à sillimanite (ancienne route de Marmagne à Autun ; découverte de la sillimanite dans les gneiss au contact des injections de granulite).

Amphibolites et serpentines (association pegmatoïde de feldspath et d'amphibole dans les amphibolites).

3° De la bande gneissique au Sud du bassin de Blanzy.

Dans une discussion sur la composition, la structure et le mode de formation des gneiss, M. Michel-Lévy arrive à ce résultat que la plus grande partie des gneiss doit être considérée comme une formation métamorphique, à l'égal des schistes maclifères que Rosenbusch venait de décrire, à l'égal des schistes feldspathisés de Saint-Léon sur lesquels devaient paraître, en 1880, l'année suivante, un mémoire capital pour le métamorphisme [38].

« *Note sur les porphyrites micacées du Morvan* » [30].

M. Michel-Lévy établit leur subdivision en trois classes : porphyres syénitiques, (orthophyres) micacés, porphyrites micacées (mélaphyres). Ces roches ont toutes fait éruption pendant le dépôt des couches inférieures du Permien. Elles sont l'équivalent des *Glimmer Pikrophyres* de Boricky.

« *Traversée E.-O. du Morvan* » de Saulieu à Lormes [32].

L'auteur signale ici pour la première fois les filons de quartz (N. 127° E.) qui jalonnent la grande fracture transversale du Morvan.

« *Traversée N. O.-S. E. des formations primaires entre Saint-Honoré et le massif granitique de Luzy* [34].

M. Michel-Lévy indique dans cette note l'existence de dykes de diabases, de diorites et de porphyrites amphiboliques, épanchées en nappes interstratifiées, ou en filons-couches, au travers des niveaux supérieurs du Dévonien. L'étude qu'il poursuivit de ces roches, dans le Beaujolais, devait en 1881 lui faire changer d'opinion quant à l'âge de leur éruption.

L'ensemble des précédentes notes, jointes à celles que M. Vélain avaient présentées durant le même temps sur les terrains stratifiés du Morvan, fit l'objet d'une publication spéciale dans la réunion extraordinaire de la Société géologique à Semur-en-Auxois [40].

On trouve d'autre part, dans la minéralogie micrographique de MM. Fouqué et Michel-Lévy, des planches dessinées ou photographiées, remarquables de netteté, de la plupart des roches typiques du Morvan, reconnues à cette époque [26].

La *légende de la feuille de Château-Chinon* (1881) apportait une rectification à l'attribution, faite d'abord au Dévonien, des roches amphiboliques de la feuille d'Autun. M. Michel-Lévy fut induit après l'étude du Beaujolais à rattacher la diorite des Epériaux et celle d'Anost à la série cambrienne de même que les porphyrites amphiboliques de Cressy-sur-Somme. Cette rectification était basée sur les passages graduels du granite de Beaujeu aux cornes vertes dont le rôle était définitivement fixé et qui devenaient le résultat du métamorphisme par le granite de couches marneuses. Le granite, les cornes vertes, les diorites et diabases étaient désormais immuablement liés entre eux ; mais comme à cette époque M. Michel-Lévy considérait, de même que tous ses devanciers, le granite comme cambrien (en réalité comme précambrien, x de la carte détaillée), les diorites et diabases ne pouvaient plus être laissées dans le Dévonien mais devaient être rattachées au x et dues au métamorphisme subi par ces strates du fait des granites voisins.

Cette liaison intime est déjà très nettement développée dans le *mémoire sur le Beaujolais* [43] ; mais la théorie du métamorphisme exomorphe et endomorphe du granite, au contact des strates calcaires, est définitivement édifiée dans le mémoire de M. Michel-Lévy *sur le Lyonnais* et notamment sur les roches du Mont-Pellerat [52]. Il en a fait ensuite une application facile aux roches d'Aydat et des environs de Châtel-Guyon.

Vient ensuite la brillante confirmation de cette théorie, développée par M. Lacroix dans son étude sur l'action des granites des Pyrénées au contact des strates calcaires dévoniennes. Tout récemment, dans un travail magistral sur les nappes de charriage dans les Pyrénées [114], M. Léon Bertrand est revenu sur les phénomènes de marmorisation des calcaires dévoniens et sur la genèse des ophites et des lherzolithes ; il a établi la généralité des phénomènes de méta-

morphisme granitique des strates calcaires dévoniennes dont la naissance des lherzolites ne paraît être qu'un accident.

Généralités

Nous venons de passer en revue tous les travaux concernant spécialement l'étude des roches du Morvan. Aucun pétrographe, en effet, n'est revenu sur cette région (feuille d'Autun et de Château-Chinon) depuis que les travaux poursuivis par M. Michel-Lévy entre les années 1875 et 1880 en avaient rendu la connaissance aussi précise et approfondie.

Cependant, si la théorie sur l'évolution des magmas étaient déjà nettement entrevue, les découvertes sur la genèse des granites et des gneiss n'étaient qu'ébauchées. L'étude des massifs granitiques du Charollais et du Beaujolais n'est venue que plus tard démontrer l'arrivée au jour des massifs granitiques, par érosion, au centre des aires anticlinales ; suivant le degré de dénudation, on les voit injecter, lit par lit, les gneiss et les micaschistes voisins, ou former simplement des auréoles de schistes feldspathisés, puis de schistes seulement micacés au milieu des couches successives de l'écorce terrestre. Les phénomènes de contact du granite, exomorphisme et endomorphisme, mis au jour dans les travaux sur les schistes (considérés alors comme précambriens) de Saint-Léon et de l'Auvergne, et siluriens et dévoniens de Flamanville [75] permirent de préciser le mécanisme de production des gneiss, micaschistes, leptynites, pyroxénites et amphibolites aux dépens des schistes, grès, marnes et calcaires de tous âges, des granites à amphibole et des diorites par digestion endomorphe des strates basiques (dans la feuille de Charolles, 1890, M. Michel-Lévy applique ces idées nouvelles à la région située au Sud de Bourbon-Lancy, subordonnant la formation des diorites à la mise en place du granite et laissant déjà entrevoir la possibilité d'un rajeunissement du granite qui de précambrien deviendrait dévonien).

D'autre part, les méthodes optiques, appliquées à l'étude des minéraux en plaques minces, se sont enrichies de nombreuses découvertes, postérieurement à 1880, principalement pour la détermination des feldspaths en grands cristaux et en microlithes.

Il était donc intéressant de reprendre l'étude pétrographique des roches du Morvan. On verra que mes recherches ont abouti à deux séries de constatations nouvelles, d'une part, sur les roches de profondeur, d'autre part, sur les roches d'épanchement.

1° En ce qui concerne les roches de profondeur, le granite, la granulite, les microgranites et aplites, et les phénomènes d'endomorphisme et d'exomorphisme, ces constatations nouvelles portent :

Sur le granite en bordure des terrains métamorphisés (abondance des microgranites et aplites, contemporains de sa mise en place ; je fais rentrer dans le granite une partie de la formation appelée granulite à mica noir (γ^2) par M. Michel-Lévy, et qui constitue un granite à grains fins, micacé, ayant incomplètement digéré les schistes voisins).

Sur les diorites et les porphyrites amphiboliques ; elles sont le résultat de la digestion par le granite de couches calcaires généralement frasniennes et ne constituent pas une série éruptive individualisée.

Sur des cornes amphiboliques et des calcaires à minéraux frasniens.

Sur des quartzites amphiboliques.

Sur des poudingues métamorphisés (amphiboliques, micacés, feldspathisés) tournaisiens.

Sur des schistes micacés.

Sur des schistes à andalousite, à chloritoïdes et feldspathisés, tournaisiens.

Il résulte, de cette étude des terrains métamorphisés au contact du granite, que la mise en place de ce dernier est contemporaine de la fin du Tournaisien, dans le Morvan.

2° En ce qui concerne les roches de filon et d'épanchements, j'insisterai :

Sur l'existence d'éruptions d'*albitophyres* et de *tufs albitophyriques*, famenniens.

Sur l'existence d'éruptions d'*orthophyres*, d'*orthophyres obsidienniques*, de *brèches* et de *tufs orthophyriques* tournaisiens.

Sur les éruptions d'orthophyres passant à la microgranulite et de microgranulites, contemporaines des tufs connus jusqu'alors sous le nom de tufs porphyritiques et que j'appelle *tufs microgranulitiques* ; ces dernières roches sont viséennes. Les tufs microgranulitiques comprendront, en outre, une partie de la formation intitulée tufs granulitiques et granulites à mica noir par M. Michel-Lévy (γ^{2}) qui se trouve supprimée.

J'aurai peu de choses à ajouter aux descriptions de mon devancier, si ce n'est au point de vue chimique, sur les roches postérieures aux tufs viséens (microgranulites, porphyres à quartz globulaire, porphyrites micacées et mélaphyres).

A l'étude pétrographique des roches éruptives, j'ai joint l'étude chimique, en me servant de la classification américaine simplifiée, et de la classification de M. Michel-Lévy [84, 89, 100, 101, 118], basée sur les paramètres magmatiques, caractérisant le magma fumerolle et le magma scorie. On verra quel précieux appui l'analyse chimique a apporté à l'analyse pétrographique, venant confirmer les distinctions établies par cette dernière au milieu des éruptions famenniennes et tournaisiennes, les rapprochements entre les tufs et les roches éruptives qu'ils accompagnent, et entre des roches de même espèce provenant de gisements éloignés. Elle a permis d'établir que les roches antérieures à la mise en place du granite font partie d'une série persodique spéciale ; alors que toutes les roches contemporaines ou postérieures appartiennent à une série mégapotassique bien différente. La plupart des analyses publiées dans ce chapitre ont été faites par M. Pisani.

1° Roches de profondeur. Phénomènes d'endomorphisme et d'exomorphisme

Granite dit porphyroïde. — Pour rencontrer le granite typique qui constitue le massif granitique de Luzy, il est indispensable de s'écarter suffisamment de la bordure des terrains primaires de contact. Au Sud de Chiseuil, par exemple, c'est seulement vers le hameau de la Peau, à 1.200 m. à l'Est des quartzites feldspathisés, que j'ai trouvé ce granite (carrières abandonnées); dans la montée de la route de Luzy à Bourbon-Lancy, à deux km. de Luzy, sont ouvertes des carrières dans le granite franc, à environ 1.000 m. du flottement de schistes et quartzites métamorphisés des bois de Luzy. On trouve des affleurements particulièrement favorables à la récolte d'échantillons frais, dans les environs de Grury (galeries pour la recherche de pyromorphite) et sur la route d'Etang à Toulon-sur-Arroux aux environs de la Tannière, dans des carrières ouvertes pour l'empierrement.

Ce granite, de couleur blanc grisâtre, quelquefois rosée, est riche en grands cristaux d'orthose qui atteignent 4 à 5 cm. de longueur. On sait que ces grands cristaux sont un des derniers éléments cristallisés de la roche. Ce granite se montre au microscope formé par du mica noir en grandes paillettes hexagonales, un peu d'oligoclase, de l'orthose souvent maclée suivant la loi de Carlsbad, du microcline et beaucoup d'albite, de la micropegmatite assez rare et s'associant aux grands cristaux d'orthose, du quartz en grandes plages moulant les autres éléments, avec accessoirement et cristallisés d'abord l'apatite, la magnétite, le zircon.

Le dynamométamorphisme est fréquemment mis en évidence par les extinctions roulantes du quartz, par la production d'anorthose, avec veinules d'albite et de quartz.

Les minéraux secondaires sont la chlorite, le rutile, le sphène.

Granite grenu. — En se rapprochant de la bordure des formations stratifiées, on rencontre souvent un type de granite qui ne diffère du précédent que par l'absence des grands cristaux de feldspaths ; le mica noir est très abondant ; l'orthose, l'anorthose et le microline ont des dimensions analogues, comparables à celles des plages de quartz. Le dynamométamorphisme y paraît plus accentué. Ce granite grenu existe en abondance dans la vallée de la Roche et au N. E. de la Roche-Millay. Sur la route de Château-Chinon à Arleuf, on recoupe un granite gris, à fins éléments, qui peut rentrer dans ce type grenu ; il est caractérisé par une grande inhomogénéité, certaines parties étant très riches en fines lamelles de mica noir qui ont une tendance à s'orienter, d'autres riches en feldspaths. Le mica blanc s'y développe quelquefois. La roche contient des enclaves schisteuses dans lesquelles l'abondance du mica noir devient extrême et où les feldspaths sont aplatis et la microgranulite fréquente. Il mériterait, par endroits ,le nom de granite schisteux ; c'est un granite ayant digéré incomplète-

ment les schistes voisins et mal brassé, formé en un mot au voisinage d'une voûte de terrains sédimentaires. Il est très fréquent dans l'anticlinal nº V, à Moulins-Engilbert, Manlay (ancienne granulite à mica noir (γ^2) des rochers de Montseaunin). Le quartz y a une tendance très nette à se rétracter ; mais il ne s'agit nullement d'une formation éruptive d'âge spécial ; les conditions de cristallisation ont seules provoqué les différences de structure que l'on y constate, et l'inhomogénéité de composition est imputable à la proximité des terrains sédimentaires et aux irrégularités de leur digestion incomplète.

Microgranite.— Les granites grenus ou schisteux, dont nous venons de parler, semblent servir de passage entre le granite typique et le microgranite qui forme de nombreuses apophyses au milieu des terrains métamorphisés, à faible distance des grands massifs granitiques. Le microgranite dont la texture finement grenue n'est décelée qu'au microscope, présente une structure intéressante parce qu'elle sert de trait d'union entre le granite et la microgranulite. Dans la microgranulite franche, les phénocristaux de quartz pyramidé, d'orthose, de plagioclases, sont brisés et ne présentent pas de passage gradué aux microgranulites de même nature des éléments du deuxième temps.

Dans le microgranite typique, il y a aussi deux temps assez distincts de consolidation, caractérisés par la taille très dissemblable des plages de quartz et de feldspath souvent dix fois plus grande au premier temps qu'au second. Mais il y a passage entre les deux temps ; les phénocristaux n'ont pas de formes automorphes franches ; leurs dernières zones d'accroissement, tant pour le quartz que pour le feldspath, englobent nettement les microlithes du deuxième temps ; il y a passage dentelé, si l'on peut s'exprimer ainsi, des uns aux autres ; et c'est bien aux dépens d'une partie du quartz et de l'orthose en grands cristaux des granites porphyroïdes que se sont produits les microlithes du deuxième temps du microgranite. En d'autres termes, les facteurs de la cristallisation ont changé mais moins brusquement que pour la microgranulite et, surtout, il n'y a pas eu transport prolongé du magna, en partie fluide.

Il y a de la micropegmatite en abondance ; le quartz a une tendance marquée à se rétracter.

Nous constaterons qu'au passage avec transitions ménagées du granite au microgranite vient s'ajouter le passage des microgranulites franchement filoniennes à certains microgranites. Afin de ne pas multiplier indéfiniment les couleurs et les notations cartographiques, j'ai figuré en granite franc les apophyses microgranitiques apparaissant au milieu de terrains métamorphisés au voisinage du massif granitique, alors que les microgranites, accompagnateurs des grandes masses de microgranulites, sont confondus avec ces dernières.

J'indiquerai, comme gisements de microgranite à rapprocher du granite, celui du château de Veau près Savigny-Poil-Fol ; celui du deuxième chemin d'Arcy et de nombreux points sur la bordure même du massif granitique de Luzy, ou de l'anticlinal nº V.

Une apophyse de microgranite qui apparaît sous les Mirandeaux, au sud de Chalmoux, mérite une mention spéciale. Le microgranite vient ici au contact

d'un banc calcaire qu'il a métamorphisé en calcaire à grenat et en corne amphibolique et pyroxénique ; lui-même, d'ailleurs riche en orthose et en micropegmatite, semble avoir subi un certain endomorphisme ; il contient en effet un plagioclase zoné, malheureusement trop décomposé pour être déterminé avec précision.

Granite syénitique. — J'ai à signaler un type de granite, qui se montre assez rarement dans la région, passant à la syénite par disparition progressive du quartz. Les plaques, que je possède, présentent, à côté de mica noir chloritisé (riche en beaux zircons avec auréoles polychroïque brunes), de grandes plages feldspathiques, composées d'un peu d'orthose et de beaucoup d'albite, de micropegmatite, de quartz en très petite quantité ; il y a en outre du mica blanc en lamelles secondaires. Ce granite syénitique qui est de couleur rouge verdâtre est un type de contact. Il se rencontre dans une carrière à l'Est du Château de Rivière, sur la rive gauche de la Roche, au contact avec des quartzites.

A ce granite syénitique correspond une microsyénite micacée ; elle contient de la micropegmatite abondante, mais très peu de quartz libre. Cette microsyénite apparaît en filons sur la vieille route de Chalmoux, au Sud des Philippes, où les schistes deviennent maclifères, donc près d'une apophyse granitique, voisine en profondeur.

Au N. E. du Moulin d'Aupont (ravin de l'Arbre-Rond) un filon semblable perce le calcaire.

Granulite et aplite. — Le granite de Luzy a une tendance à se charger de filons de granulite sur une partie de sa bordure, notamment tout le long de son contact avec les quartzites de Chiseuil. Ces filons et ces masses de granulite sont allongés parallèlement au contact et bien plus fréquents contre les quartzites que contre les schistes. Le mica blanc les accompagne.

La granulite forme aussi de grands massifs granitoïdes, par exemple aux environs d'Etang et sur le plateau d'Antully.

Faisant cortège à la granulite, les filons minces d'aplite sont abondants. L'aplite est constituée par de l'orthose, de l'albite, du quartz bipyramidé, du mica blanc, le tout finement cristallisé avec une structure microgrenue. L'aplite paraît avoir pris naissance après ou pendant le refroidissement de la granulite ; elle forme de minces filons brusquement zigzagués qui semblent avoir rempli des fissures de retrait où les fumerolles alcalines sont venues circuler avant le refroidissement de la roche encaissante. Je signalerai les carrières dans la granulite à l'étang de Fly comme en donnant de bons exemples au Nord de Chalmoux. D'autres filons aplitiques, mais alors dénués de mica blanc (quartz et feldspaths grenus) apparaissent également au milieu des grandes masses de microgranulites. Tels sont ceux que l'on recoupe sur le chemin, montant de l'Echenault à Glux, au milieu de la microgranulite à pinite, à l'Ouest du Beuvray.

Composition chimique des granites de Luzy et de Lormes. — On trouvera dans le tableau des analyses (p. 224-225), l'analyse d'un granite typique à grands cristaux (n° V) recueilli dans les carrières de Luzy (sur la route de Bourbon-Lancy). On a préalablement pulvérisé environ 1 kilogramme de la roche, afin que la

prise d'analyse corresponde à la composition moyenne. Les résultats du calcul des paramètres américains et de celui des paramètres magmatiques et des triangles normaux sont consignés dans le tableau suivant :

Granite (Grande carrière de Luzy). — V. [1]

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or . . 26.0 Ab. . . 22.0 An. . . 1.5	x °/₀ = 7.5	I	Classe Persalane	$\Phi = 4.2$	V	granito-dioritique	K 5 N 3 C 0 Ssal 76
F . . . 49.5 Q . . . 37 5	y = 1.3	III	Ordre Columbare	r = 1.7	V	méga-potassique	F 47
Sal . . 92.8 x . . . 7.5	z = 55	I	Rang Alaskase	$\Psi = 1.2$	I	magnésien	M 40 C' 0
Total. 99.8 An 0/0 5.0	r = 1.7	III	Subrang Alaskose	U = 8.3	III	micro-calcique	Sx 47

Le granite de Luzy est donc une *Alaskose*; sa fumerolle est *granito-dioritique*,

[1] Dans les tableaux afférents à chaque roche, les notations sont celles de la note [118] de M. Michel-Lévy :

Chiffres des analyses 0/0	Calcul de M. Michel-Lévy.	Paramètres américains	Paramètres magmatiques	Triangles normaux
k potasse.	Or Orthose.	x = Total 0/0 des élém. fer.-magn.	$\Phi = \frac{Ssal}{2k+3n}$	$K = \frac{k}{sal}$
n soude.	Ab Albite.			$N = \frac{n}{sal}$
c chaux feldspath.	An Anorthite.			$C = \frac{c}{sal}$
c' chaux non feldsp.	F Total des feldsp.	$y = \frac{F}{Q}$ ou $y' = \frac{F}{N}$	$r = \frac{k}{n}$	$Ssal = \frac{ssal}{sal}$
f Total oxydes de fer.	Q Quartz.			$F = \frac{f}{x}$
m magnésie.	N Néphéline.	$z = \frac{2k + 3n}{c}$	$\Psi = \frac{f}{m}$	$M = \frac{m}{x}$
Ssal { Silice des élém. blancs.	a Alumine en excès.			$C' = \frac{c'}{x}$
Sx { Silice des élém. ferro-magnésiens	Sal Tot. des élém. bl.	$r = \frac{k}{n}$	$U = \frac{f}{c + c'}$,	$Sx = \frac{sx}{x}$
s silice totale.	x Total des éléments ferro-magnésiens.			
T acide titanique.	$An\ 0/0 = \frac{An}{Ab + An}$.			

Tableau des

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Porphyre pétrosiliceux Le Chandelier	Porphyre pétrosiliceux Mont-Chérus	Orthophyre Forge de la Loge	Granite Lormes	Granite Luzy	Brèche orthophyrique Cluze-Bardenne	Orthophyre Boucharin	Microgranulite Ravin du Creux	Brèche orthophyrique Desc. 304 à Remilly	Tuf microgranulitique Préneley	Tuf microgranulitique Four Monté	Albitophyre sur les Berthelots
TiO^2	0.66	0.25	0.19		0.39	0.39	0.76	0.34	0.51	0.58	0.86	0.89
SiO^2	76.05	74.50	73.25	72.8	72.55	71.75	70.60	69.51	66.70	65.20	64.10	63.50
Al^2O^3	12.01	13.60	12.55	14.0	14.90	12.30	14.20	14.90	15.91	16.20	17.95	15.91
Fe^2O^3	0.90	»	0.84	2.5	»	»	3.03	»	0.77	»	0.66	0.60
FeO	1.06	1.02	1.35		2.55	2.97	1.18	2.34	1.89	3.69	4.27	5.66
CaO	0.10	0.06	0.19	1.2	0.45	»	0.72	1.98	0.38	2.81	1.85	0.89
MgO	1.55	1.79	1.45	0.9	2.08	2.44	0.63	1.65	2.43	2.86	1.98	4.35
K^2O	4.95	5.09	4.74	5.9	4.42	8.42	3.58	4.90	5.40	4.67	4.31	0.72
Na^2O	2.32	3.32	4.28	3.0	2.61	0.33	3.30	4.05	3.71	2.98	2.78	5.35
Perte au feu	1.00	1.38	0.88	»	0.37	1.38	2.00	0.87	2.25	1.25	1.62	2.77
Co^2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Total	100.60	101.01	99.72	100.3	100.32	99.98	99.97	100.54	99.95	100.24	100.38	100.64
P^2O^5	traces	0.13	traces		0.06	traces	0.09	0.06	traces	0.13	0.32	0.02

Analyses

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
Orthophyre sous les Berthelots	Albitophyre sous schistes Recoulon	Brèche orthophyrique Vieille Montagne	Lamprophyre Morgelle	Lamprophyre Charmes	Porphyrite amphibolique Chanaud	Lamprophyre Chindo (Néronde)	Porphyrite amphibolique Cressy-sur-Somme	Diorite Anost	Lamprophyre Les Pelletiers (Haut)	Albitophyre En Mont	Albitophyre Moulin-du-Roi	Lamprophyre Les Pelletiers (Bas)
0.63	0.90	0.99	1.54	1.48	1.41	1.6	1.03	0.64	1.55	1.50	1.68	1.42
61.25	61.10	59.61	56.10	55.60	54.50	53.0	50.40	50.25	49.70	49.61	48.21	46.50
19.10	17.72	18.78	16.21	15.50	17.40	15.2	21 11	19.40	16.90	18.41	16.91	15.51
3.32	»	»	0.07	0.05	1.09	6.1	0.31	»	1.05	1.10	»	1.82
2.16	5.67	5.45	6.15	5.93	7.60		7.15	7.56	5.68	9.70	8.55	5.00
0.51	1.55	1.65	5.35	3 03	7.28	4.0	7.81	8.60	6.41	5.30	6.40	6.91
3.70	4.40	3.82	5.41	6.59	4.52	7.4	3.33	7.10	8.27	4.75	3.75	6.20
3.92	0.48	2.80	3.73	4.77	1.65	4.2	1.10	1.58	3.36	0.32	0.81	5 55
3.18	6.21	4.75	2.68	1.93	3.35	1.2	4.87	2.26	2.32	4.83	5.17	1.71
3.37	2.75	1.60	2.87	4.10	1.62	3.2	2.40	2.80	4.25	4.60	3.50	5.00
»	»	»	»	1.50	»	2.9	»	»	»	»	4.60	5.00
101.14	100.78	100.37	100.41	100.48	100.42	98.8	99.51	100.19	99.49	100.12	99.64	100.62
0.05	0.06	0.25	0.45	0.38	0.13	0.5	»	»	0.70	0.25	0.32	0.57

méga-potassique ; sa scorie ***magnésienne***, ***micro-calcique***. **Elle rentre dans les granites ordinaires normaux.**

Je joins à l'analyse de ce granite du massif de Luzy une analyse du granite de Lormes, recueilli aux carrières voisines de cette ville, sur la descente vers Corbigny. Il était intéressant de comparer la composition des deux massifs granitiques qui limitent au S. E. et au N. le faisceau synclinal hercynien du Morvan.

Cette analyse, faite par M. Arsandeaux, est indiquée sous le n° IV (p. 224). Voici les résultats du calcul des paramètres.

Granite de Lormes. — IV.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or . .	34.9	x % $= 4.8$	I	Classe Persalane	$\Phi = 3.4$	IV	alcalino-granitique	K	6
Ab . .	25.4							N	3
An . .	6.0							C	1
F. . .	66.3	$y = 2.3$	IV	Ordre Britannare	$r = 1.97$	V	mèga-potassique	Ssal	75
Q. . .	28.9								
Sal . .	95.6	$z = 17$	II	Rang Toscanase	$\psi = 2.8$	II	magnésien-ferrique	F	52
x. . .	4.8							M	19
Total.	100.4	$r = 1.97$	III	Subrang Toscanose	$U = 2.1$	III	micro-calcique	C'	0
An 0/0	19							Sx	29

Ce granite est une *Toscanose* ; il provient d'une fumerolle ***alcalino-granitique***, ***méga-potassique***, d'une scorie ***magnésienne-ferrique***, ***micro-calcique***. Il est très analogue au granite de Luzy ; il est un peu plus calcifère.

Métamorphisme endomorphe du granite. Diorites

Avant d'entreprendre l'étude des terrains métamorphisés des auréoles de contact, qui résultent des phénomènes d'exomorphisme, il est naturel de décrire au préalable les diorites et les porphyrites amphiboliques qui sont dues vraisemblablement à un endomorphisme avancé du granite. Après les travaux de MM. Michel-Lévy et Lacroix, il ne fait plus doute pour personne que le granite, au contact de couches calcaires, s'enrichit en chaux et en magnésie et peut passer à des roches basiques ; il se charge de hornblende et devient du granite à amphibole ; un grand enrichissement en chaux et en magnésie donne naissance à des diorites endomorphes ; on trouve de beaux exemples de ces transitions entre Ancy et le Mont-Pellerat dans le Rhône, et dans le Beaujolais.

Dans le Morvan, les bancs calcaires frasniens qui ont été digérés par le granite paraissent avoir été peu épais et discontinus ; aussi les phénomènes de dioritisation du granite ont-ils été assez restreints. On a vu cependant que les

nombreux pointements isolés de roches amphiboliques, nouvellement découverts, joints à ceux déjà connus, se sont alignés dans le sens des lignes tectoniques d'une façon très remarquable. Je n'ai pas trouvé dans le cours de mes recherches de granite à amphibole; par contre, les lambeaux de diorite, trouvés dans les environs de Château-Chinon, d'Anost et de Cussy-en-Morvan, constituent un ensemble important. Ils apparaissent au milieu de ce granite à fins éléments, riche en mica, de passage au microgranite, voisin des contacts, appelé anciennement granulite à mica noir (γ^2). Ils sont en lentilles, plus ou moins irrégulières, quelquefois d'amplitude très faible et qui ne paraissent pas avoir de queue en profondeur. Les zones de contact entre le microgranite et la diorite sont très étroites et souvent décomposées en arènes. Au contact, la diorite est généralement quartzifère.

A l'œil nu, la roche est nettement grenue, formée de grands cristaux de feldspath et d'amphibole, de couleur verte foncée, truitée de blanc.

Le microscope y décèle de la magnétite, du fer titané, de l'apatite, du zircon, des feldspaths tricliniques, de la hornblende verte, formée souvent par ouralitisation d'un pyroxène, quelquefois un peu de quartz remplissant les vides laissés entre les feldspaths et l'amphibole, avec, accessoirement et comme produits secondaires, du sphène et de l'épidote. Dans une plaque, provenant d'une diorite d'Anost, une section de plagioclase zoné, maclé suivant la loi de Carlsbad et la loi de l'albite, appartenant à la zone de symétrie de la macle de l'albite, perpendiculaire à g^1 (010), m'a donné les extinctions suivantes : au cœur,

	Moyenne	An 0/0	Pôle
	—	—	—
Lamelle 1	34° 1/2	54 0/0	55
Lamelle 2	20°		

Les extinctions 34° 1/2 et 20° donnent sur l'épure XXII de M. Michel-Lévy [102], un point placé dans une bonne région, qui correspond à 54 0/0 d'An. et au pôle 55 (section à 55° de la perpendiculaire à h^1 g^1 (100) (010).

La lamelle 1, au bord, donne 27 1/2 comme angle d'extinction. Or la courbe du pôle 55 recoupe la courbe 27 1/2 (lamelle 1) en un point qui donne 45 0/0 d'An.

Donc le plagioclase, ainsi déterminé, est compris entre 45 0/0 et 54 0/0 d'An ; soit entre l'*andésine basique* et le *labrador acide*.

Un peu de quartz venant au contact d'un cristal de feldspath dans cette même plaque, les deux minéraux s'éteignant simultanément et leur surface d'accolement étant nette et paraissant bien perpendiculaire à la plaque, il était intéressant d'appliquer le procédé Becke, basé sur les indices de réfraction ; j'ai trouvé :

$$n_g \text{ du feldsp.} > n_p \text{ du quartz}$$
$$n_p \text{ du feldsp.} < \text{ ou au plus } = \text{ à } n_g \text{ du quartz.}$$

Ce qui correspond aux indices de réfraction de l'*oligoclase basique*.

Les plagioclases contenues dans cette diorite varient donc entre l'oligoclase basique à 32 0/0 d'An. et le labrador acide à 54 0/0 d'An. Les cristaux zonés sont fréquents ; le cœur y est sensiblement plus basique que la périphérie. M. Michel-Lévy a montré que, dans toutes ces roches endomorphes, la variation des plagioclases est considérable ; on voit que l'observation est valable pour la diorite d'Anost.

Il est intéressant de remarquer la brusque différence de structure existant entre le granite englobant et la diorite englobée. Alors que le granite est à grain fin, se rapprochant du microgranite, la diorite présente une structure grenue à grands éléments ; les conditions physiques de cristallisation (température, pression) ont dû être cependant comparables, le recuit d'égale durée pour les deux roches. Le développement des cristaux de plagioclases et d'amphibole de la diorite s'est donc effectué plus rapidement que celui des cristaux de mica, d'orthose, d'albite et de quartz du granite voisin.

Il existe des types intermédiaires entre les diorites et les cornes amphiboliques, les diorites et les porphyrites amphiboliques (qui feront l'objet du prochain paragraphe).

Un bon exemple de diorite passant aux cornes amphiboliques peut être pris dans le gisement situé à l'éperon ouest de la forêt de Chavencé (à l'Est de la Vèvre). De l'amphibole d'ouralitisation du pyroxène, de fines aiguilles d'actinote simulant un deuxième temps, des cristaux de feldspaths, les uns effacés, les autres présentant les extinctions de l'andésine basique, du sphène secondaire, forment la majeure partie de la roche ; par endroits, des aiguilles d'actinote, de fins cristaux de hornblende et des feldspaths naissants sont parsemés au milieu de grains de quartz et de débris de calcite dont l'origine clastique apparaît encore.

L'autre type intermédiaire, celui-ci de passage à la porphyrite amphibolique, se rencontre à l'Est de Fontête (Moulin de Montceau), au Moulin du Creux, au-dessus de Senavelle (les Eperiaux). A côté de l'amphibole et des feldspaths en grands cristaux, se trouvent des houppes d'actinote en cristaux finement allongés, du mica de schistes micacés et des feldspaths, finement grenus, simulant un deuxième temps.

Les chiffres de l'analyse d'une diorite franche d'Anost sont donnés p. 224, n° XXI. Les résultats du calcul des paramètres américains et magmatiques sont consignés dans le tableau suivant :

Diorite d'Anost. — XXI

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or . .	9.5							K	2
Ab . .	19.4	$x_o/^o = 26.5$	II	Classe Dosalane	$\Phi = 4.0$	V	granito-dioritique	N	3
An . .	37.7							C	11
F . . .	66.6	$y = 13.3$	V	Ordre Germanare	$r = 0.7$	IV	méso-potassique	Sal	57
Q . . .	5.0								
Sal . .	71.6	$z = 1.3$	IV	Rang Hessase	$\Psi = 1.1$	I	magnésien	F	29
x . . .	25.8							M	27
Total.	97.4	$r = 0.7$	IV	Subrang Hessose	$U = 0.9$	I	méga-calcique	C'	4
An 0/0	66							Sx	37

Cette diorite est une *Hessose*, roche *granito-dioritique*, *méso-potassique*, *magnésienne*, *méga-calcique*. Il faut tout de suite remarquer que cette diorite d'Anost reste une roche, virtuellement riche en silice (le paramètre Φ est égal à 4) et assez riche en potasse ($r = 0,7$) ; on conçoit qu'en ajoutant de la chaux et de la magnésie au granite de Luzy on puisse arriver à la composition magmatique de semblables diorites.

Porphyrites amphiboliques. — L'apparition, toujours au milieu des terrains métamorphisés de contact, dans des cornes feldspathisées ou amphiboliques, au voisinage du granite, souvent en relation avec les diorites franches, de lambeaux elliptiques de porphyrites amphiboliques, allongés parallèlement aux plis, permet, *à priori*, de mettre en doute l'origine uniquement filonienne ou d'épanchement de ces roches et de rattacher leur genèse, en partie, aux phénomènes de métamorphisme. L'observation en plaques minces confirme cette hypothèse. C'est aux environs de Cressy-sur-Somme que se rencontrent les pointements les plus importants et les meilleurs exemples de cette roche (affleurements entre les kil. 13 et 14, sur la route de Luzy à Bourbon-Lancy).

Elle comporte deux temps apparents de cristallisation :

Au premier temps : zircon en fins cristaux ; quelques grands cristaux de hornblende verte, quelquefois maclés avec des cristaux d'augite, verts pâles suivant h^1 ; grands cristaux agrégés de feldspaths tricliniques zonés, contenant des inclusions d'amphibole et souvent brisés. La détermination de ces feldspaths a donné les résultats suivants (par les sections dans la zone de symétrie de la macle de l'albite).

		Moyenne	An. 0/0	Pôle
1er ex.	Lam. 1	30	54	80
	Lam. 2	25		
2e ex. (cœur)	Lam. 1	39	78	65
	Lam. 2	28		

2ᵉ ex. (périphérie)	Lam. 1	31	52	65
	Lam. 2	22		

Dans ce deuxième exemple, les deux points trouvés sur l'épure, pour le cœur et la périphérie, correspondent bien au même pôle (65) ; c'est là une vérification de l'exactitude des chiffres trouvés. Les pagioclases ainsi déterminés varient donc entre les *labradors* et la *bytownite acide.*

De nombreuses déterminations de feldspaths zonés, faites dans des plaques différentes, ont donné des résultats compris entre les extrêmes précédents (52 à 78 0/0 d'An.).

Au deuxième temps : hornblende en microlithes très abondants (s'éteignant au voisinage de 0° ; maximum vers 15°) ; feldspath microlithique assez peu abondant, maclé seulement suivant la loi de l'albite ; la méthode statistique, appliquée aux microlithes maclés, donne des chiffres voisins de 20°, allant de 15° à 24°, ce qui correspond à l'*andésine basique* [102, I, p. 31].

Les produits secondaires, chlorite, zoïzite, épidote, sphène sont abondants.

En admettant que les minéraux décrits ont tous pris naissance dans l'ordre précédent, cette roche s'appellerait une *porphyrite andésitique, amphibolique, à labrador* ; ce serait une roche éruptive filonienne ou d'épanchement. Mais l'observation d'un grand nombre de plaques met en lumière certains faits qui infirment cette hypothèse. Dans le premier temps supposé, on discerne des groupements de grands cristaux automorphes, agrégés, comprenant des plages de feldspaths non brisés, en voie de formation, groupements qui rappellent la diorite franche, ou plutôt la microdiorite dans le sens que nous avons attribué au microgranite par rapport au granite. Ce serait donc des apophyses presque immédiates des masses de diorites, nées par action endomorphe; ce mécanisme rappellerait de bien près les laccolithes secondaires des auteurs américains et leurs apophyses ; il a le grand avantage d'expliquer les agrégats de première consolidation, si abondants dans ces roches à deux temps, et leur association fréquente avec les cornes vertes.

Dans le deuxième temps, les microlithes de feldspath s'effacent souvent en lumière polarisée, n'étant plus visibles qu'en lumière naturelle ; ils sont épigénisés en calcédoïne ; en même temps apparaît une poussière de mica brun polysynthétique qui rappelle celui des schistes micacés ; l'amphibole microlithique, hornblende ou actinote, s'oriente comme dans les cornes amphiboliques. C'est au métamorphisme de contact du granite qu'il faut donc rapporter la naissance tant des agrégats dioritiques, que du mica polysynthétique et de l'amphibole secondaire.

Ainsi s'est formée la porphyrite amphibolique ou microdiorite de Cressy-sur-Somme. De telles porphyrites, passant à la diorite, affleurent en de nombreux points : à l'Ouest de Cortot, elles ne contiennent au premier temps que des grands cristaux d'amphibole ouralitisée, pas de feldspath ; certains échantillons, cueillis sous les Cortots, sont formés par une brèche éruptive avec débris de porphyrites à labrador et amphibole développée ; dans la descente de Pont-

Mathieu aux Pierrots, les noyaux dioritiques dans ces porphyrites sont abondants ; sous la ferme du Creux, au N. O. de Cressy, des blocs de porphyrites amphiboliques dioritisées contiennent des géodes, garnies de chlorites et d'épidote ; en face du passage à niveau d'Arcy, sous le village des Berthelots, c'est encore le type microdiorite ; au sommet 358 sur « Chez Gonneau », la porphyrite amphibolique est surchargée de mica de granite ; de même sous Bousset et au château de Rivière. Au sommet du Petit-Beuvray, les microlithes feldspathiques paraissent pincés dans de l'amphibole secondaire.

Certains types sont à amphibole plus rare et contiennent plus de mica. Sous les Mirandeaux, la roche passe à une *microkersantite andésitique à amphibole.* Au premier temps, les grands cristaux de feldspath sont rares, l'amphibole également ; il y a des grilles de fer titané. Au deuxième temps qui est plutôt microgrenu que microlithique, il y a du feldspath et du mica ; du quartz secondaire remplit certains vides. Le procédé Becke, appliqué à un fin cristal feldspathique, accolé à une petite plage de quartz qui l'englobe et s'éteint simultanément, montre qu'il s'agit d'un oligoclase-andésine.

Quelques porphyrites à amphibole (andési-labradorite augitique ou amphibolique, à amphibole et parfois à anorthite) complètent cette série. L'une d'elle affleure dans une butte à l'Est de Chanaud au milieu des schistes tournaisiens. L'examen pétrographique donne :

Premier temps : pyroxène incolore ouralitisé en amphibole verte, grands cristaux de labrador-bytownite (69 à 78 0/0 d'An.).

Deuxième temps : microlithes très abondants d'oligoclase-andésine, contenant 39 à 48 0/0 d'An., microlithes d'augite.

Chlorite et sphène secondaires.

Une autre porphyrite, également filonienne, se rencontre sur le chemin du Château de Veau, à 100 m. de la route de Luzy ; elle est d'un type analogue, amphibolique au lieu d'être augitique.

Une analyse de la porphyrite amphibolique typique de Cressy-sur-Somme, due à M. Pisani, est donnée dans la colonne XX (p. 224). Le calcul des paramètres donne les résultats suivants :

Porphyrite amphibolique de Cressy-sur-Somme. — XX.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or . . Ab . . An . .	6.6 37.3 31.7	x°/o = 19.8	II	Classe Dosalane	Φ = 2.6	III	syénitique	K N C	1 6 8
F. . . N. . .	75.5 2.2	y' = 34	V	Ordre Germanare	r = 0.22	II	méga-sodique	Ssal	57
Sal. . x. . .	77.7 19.2	z = 2.6	III	Rang Andase	Ψ = 2.3	II	magnésien-ferrique	F M C'	39 17 7
Total. An 0/0	96.9 46	r = 0.22	IV	Subrang Andose	U = 1.0	II-I	méso-calc. méga-calc.	Sx	31

C'est une *Andose* ; roche à fumerolle *syénitique*, *méga-sodique*, à scorie *magnésienne-ferrique*, *méso près méga-calcique*.

Le triangle de la roche rappelle le type dioritique ; il se rapproche de celui de l'Esterellite.

On trouvera dans le même tableau (p. 224) l'analyse de la porphyrite de Chanaud (n° XVIII) :

Porphyrite amphibolique de Chanaud. — XVIII

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	9.5								
Ab. .	27.9	$x\ ^0/_0 = 24.4$	II	Classe Dosalane	$\Phi = 3.6$	V	granito-dioritique	K	2
An. .	27.3							N	4
								C	7
F. . .	64.7	$y = 6.6$	IV	Ordre Austrare	$r = 0.48$	III	méso-sodique	Ssal	62
Q . .	9.8								
Sal. .	74.5	$z = 2.3$	III	Rang Tonalase	$\Psi = 1.9$	II	magnésien-ferrique	F	36
x. . .	24.0							M	19
								C'	7
Total.	98.5	$r = 0.48$	IV	Subrang Tonalose	$U = 1.2$	II	méso-calcique	Sx	32
An 0/0	49								

C'est une *Tonalose*, roche à fumerolle *granito-dioritique*, *méso-sodique*, à scorie *magnésienne-ferrique* et *méso-calcique*.

La formation de ces porphyrites amphiboliques n'est pas particulière au Morvan. J'en ai trouvé de semblables dans le Beaujolais, au milieu des diorites franches ; près de Ferrières (dans l'Allier), vers Mâtichard, les schistes micacés et les cornes feldspathisées du Dévonien supérieur sont traversés par des porphyrites amphiboliques identiques à celles de Cressy. M. Michel-Lévy en a d'ailleurs signalé de nombreux exemples sur les bords orientaux de l'ellipse granitique de Fleury.

Métamorphisme exomorphe du granite.

Les roches de contact du Morvan m'ont présenté quelques types nouveaux, tout au moins en France : tels sont notamment les poudingues de la base du Tournaisien dans lesquels le métamorphisme a été jusqu'à effacer progressivement les galets roulés qu'ils contiennent ; tels sont aussi les quartzites à amphibole, anciens grès à ciment calcaire, qui apparaissent çà et là sur la bordure du granite de Luzy. Mais il faut reconnaître que la plupart des terrains sédimentaires touchés ne m'ont fourni que les types déjà connus : schistes et quartzites feldspathisés, transformés en gneiss et en leptynites ; schistes et quartzites micacés, ces derniers d'un type très spécial, riches en mica blanc et confondus jadis avec des greisens ; enfin schistes maclifères, cornes vertes,

pyroxéniques, amphiboliques, épidotifères, calcaires à mica blanc et à grenat. J'ai trouvé, en outre, mais seulement à Saint-Léon, de beaux schistes à chloritoïdes, en tout semblables à ceux de Bretagne ou de Belgique.

Il n'est pas nécessaire de revenir sur la description détaillée de ceux de ces types, maintenant bien connus, qui ne se distinguent pas des types déjà décrits par mes devanciers. J'insisterai seulement sur les roches nouvelles dans la région et encore peu connues, en suivant l'ordre des formations modifiées, calcaires et marnes, schistes, grès et quartzites, poudingues.

Calcaires à minéraux. Cornes vertes. — A côté des diorites et microdiorites, manifestations des phénomènes d'endomorphisme du granite, digérant des couches calcaires, se rencontrent fréquemment, dans le Morvan, des cornes amphiboliques et pyroxéniques, accompagnées de calcaires à minéraux dont la production est due aux phénomènes d'exomorphisme du granite au voisinage de ces mêmes couches.

L'action métamorphisante exomorphe du granite sur les couches calcaires ou calcifères se manifeste de façons variées, suivant les conditions de température plus ou moins élevée qui l'ont accompagnée, suivant la teneur en carbonate de chaux, en silice et en alumine des couches métamorphisées, enfin suivant l'abondance des apports de fumerolles alcalines dues au voisinage du granite. Elle se borne parfois à une simple recristallisation du carbonate de chaux en larges cristaux de calcite, à une simple marmorisation ; tel est le cas pour le marbre du Mont-Jonc près Létra, dans le Rhône, les calcaires des Mirandeaux près de Chalmoux en Saône-et-Loire, ceux de Fontête, de Champ-Robert et du Puits. Tous ces exemples se rapportent à des calcaires vraisemblablement frasniens.

Mais à ce phénomène banal de simple recristallisation du calcaire que la circulation seule des eaux souterraines réalise fréquemment, vient en général s'ajouter celui de la naissance de minéraux nouveaux. Le mica blanc (muscovite) apparaît en fines paillettes dans le marbre blanc du Mont-Jonc ; il est dû aux apports de fumerolles alcalines. Le grenat prend naissance dans certains bancs du calcaire des Mirandeaux.

Mais, ce que ce gisement présente de plus intéressant, c'est l'association du calcaire à minéraux à de véritables bancs de cornes vertes pyroxéniques, avec grains de quartz. Le même phénomène de passage se montre à l'Ouest de la traînée calcaire du Mont-Jonc près Tarare : de très belles cornes amphiboliques s'y associent.

Les cornes vertes proprement dites sont très abondantes dans le Morvan ; aux environs de Cressy-sur-Somme notamment, j'ai recueilli toutes les variétés connues ; amphiboliques, pyroxéniques, grenatifères, épidotifères, feldspathisées, par superposition avec grands cristaux d'orthose du granite et par juxtaposition. Dans une corne feldspathisée légèrement amphibolique, à 1 km. du moulin de Mont-Petit vers Cressy, j'ai découvert au microscope des sections de tiges d'encrines, en lumière naturelle. Il convient de faire ressortir l'intérêt de la conservation de traces d'organismes dans des roches déjà très métamorphisées, où

l'amphibole naissante englobe des grains de quartz, où l'orthose et l'albite du granite sont nés par superposition. Le mica noir des schistes micacés existe par paquets dans cette roche curieuse qui contient aussi de l'apatite et du rutile.

Les mêmes variétés se retrouvent fréquemment dans l'anticlinal n° II. Il en montre au Grand-Bos, au Sud de Cressy, avec sphène, amphibole et beaux feldspaths ; au château de la Garde, au Nord de Cressy, au château de Rivière, enfin aux environs de la Roche-Millay, au contact immédiat du granite ; le sphène est abondant dans ce dernier gisement.

Je signalerai encore les gisements de Reboul et du Rouet, au Nord du Mont-Beuvray, le premier consistant en une corne amphibolique et feldspathisée, présentant de magnifiques exemples de types par superposition du granite, avec grands cristaux d'orthose, postérieurs à tous les autres éléments cristallisés. Sur la prolongation de cet anticlinal n° II, au delà du bassin d'Autun, nous avons vu, à l'Est d'Epinac, apparaître sous les tufs microgranulitiques du Viséen et orthophyriques du Tournaisien, un calcaire que nous avons considéré comme dévonien. Sous ce calcaire apparaissent des cornes pyroxéniques.

L'anticlinal n° V nous a présenté plusieurs exemples de cornes, se mariant avec les diorites et diabases ; elles sont citées dans les descriptions locales. Je n'ajouterai ici que l'indication des gisements de Montjoux, dans lesquels j'ai recueilli des cornes pyroxéniques, amphiboliques et grenatifères.

Jusqu'à présent tous ces gisements me paraissent appartenir au Frasnien ou tout au plus au Famennien. Dans le faisceau synclinal de la Loire, les grandes masses de cornes vertes, de diorites et de diabases de Beaujeu, de Matour, du Mont-Pellerat, etc... se rapportent, sans doute possible, aux mêmes terrains, certainement sous le Viséen et même sous les témoins épars de Tournaisien métamorphique.

Cependant quelques cornes pyroxéniques et amphiboliques paraissent monter jusque dans le Tournaisien (Saint-Clément).

Schistes. — La plupart des schistes appartiennent dans le Morvan aux époques famennienne et tournaisienne. Quand ils ne sont pas influencés par le granite, leur étude pétrographique est ingrate, à cause de la finesse des éléments qui les composent ; on peut dire que la grande majorité d'entre eux est constituée par des schistes séricíteux avec grains fins de quartz et lamelles enchevêtrées de séricite, généralement d'assez grande taille et très luisantes dans les schistes famenniens.

Quand ils passent à des grès plus ou moins arkosiens et bréchiformes (série violette, Haut-d'Avrée), leurs éléments clastiques sont empruntés aux albitophyres et aux orthophyres dont nous aborderons plus loin l'étude.

A ce point de vue, les schistes viséens qui, à Ménessaire, s'associent aux gisements d'anthracite sont instructifs et font contraste avec les précédents ; ce sont de vraies arkoses dans lesquelles les grains de feldspath paraissent réellement empruntés à des éléments granitiques.

Les grès à grains très fins de quartz et à ciment ferrugineux et séricíteux, anciennement désignés, par exemple à Saint-Seine, sous le nom de grauwac-

kes, ne montrent au microscope que les éléments ci-dessus cités, associés à un peu de chlorite. Si ces roches ont contenu de la calcite sous une forme quelconque, il est bien singulier qu'elle n'ait pas laissé de trace durable ; étant donné surtout que ces roches n'ont aucun des caractères des limons délavés de surface et en général des terrains de décalcification. Il faut donc retenir la grande abondance des schistes sériciteux parmi les roches dans lesquelles vont se développer les variétés métamorphiques suivantes

Schistes micacés et maclifères. — Celles qui dominent sont les schistes micacés dans lesquels le mica noir de seconde consolidation, en lamelles finement enchevêtrées, sert de ciment aux autres éléments et notamment aux grains de quartz, souvent très nourris. Cependant, parfois, ces derniers englobent à leur périphérie de fines petites lamelles de biotite, montrant ainsi que le mica noir et le quartz secondaire naissent simultanément. Ces phénomènes de métamorphisme sont devenus banals ; je n'insisterai ici que sur le mica noir naissant des schistes fossilifères tournaisiens de la tranchée de Recoulon, durcis et transformés en cornes noires par le métamorphisme du granite.

Aux schistes micacés s'associent des schistes micacés et maclifères, dans lesquels l'andalousite constitue souvent des cristaux bien formés, mais plus souvent encore des noyaux chiastolitiques, c'est-à-dire chargés de matière charbonneuse, ou même des taches naissantes, à peine biréfringentes ; comme le silicate d'alumine métamorphique est toujours associé à des grains de quartz, il est facile d'utiliser le procédé Becke et de constater que la chiastolite est plus réfringente, alors que l'orthose est moins réfringent.

Je n'ai pas remarqué que les nombreux gisements de schistes maclifères occupent une position systématique par rapport aux schistes micacés et à la bordure de granite ; j'en connais de beaux exemples au voisinage immédiat du granite, notamment au pont de Cressy-sur-Somme, au pont du moulin de Mont-Petit, en montant à la Roche-Millay (grande route au N. O.), dans la carrière sous le château de la Marche, dans la carrière du Plot ; à plus grande distance du granite, je peux citer less chistes sous le point 380, sur la vieille route de Luzy à Avrée, ceux de la ferme de Recoulon, en bas du chemin d'Arcy (champs de la Vigne), enfin ceux des Berthelots.

Schistes feldspathisés. — Les schistes feldspathisés, soit par superposition, soit par juxtaposition [38], sont aussi très abondants en maints points des formations métamorphiques du Morvan.

Les environs de Cressy-sur-Somme et de la Roche-Millay en présentent de magnifiques échantillons. En général, ils se montrent à proximité immédiate du granite. Cependant, quelques exceptions apparentes peuvent être citées, notamment près du point 384 vers Chauvetière et à l'intersection de la grande route de Luzy, avec le petit chemin descendant vers le passage à niveau d'Arcy. Seulement, divers indices prouvent qu'en profondeur, le granite est très voisin de ces derniers points. La comparaison des anticlinaux II et V nous a fourni, à ce point de vue, toutes les confirmations désirables.

Schistes à chloritoïdes. — J'ai recueilli dans la butte du Moulin-à-vent de Saint-

Léon, sous les quartzites, des schistes gris, fins, à beaux chloritoïdes. Ils rentrent dans la catégorie des schistes légèrement micacés et chargés de grands cristaux d'andalousite. J'y ai trouvé en outre du zircon, de la tourmaline, de l'apatite et du fer oxydulé. Le chloritoïde est en petits cristaux losangiques de 1 à 2 mm. *m* [1$\bar{1}$0] *t* [110] *p* [011] ; macle polysynthétique suivant *p* ; structure en sablier ;

n_g jaune verdâtre très pâle,
n_m bleu indigo,
n_p vert olive.

2 V voisins de 45° (un peu plus grand que pour la muscovite).

Quartzites métamorphisés. — On sait que les quartzites subissent un métamorphisme beaucoup moins caractéristique, en général, que les schistes ; le plus souvent les grains de quartz se nourrissent de quartz nouveau, se pénètrent et se juxtaposent, affectant des cassures d'apparence variable suivant la nature du ciment. M. Cayeux a fait des observations très intéressantes à ce point de vue dans les grès tertiaires.

Quartzites micacées.— Cependant, on connaît toutes les variétés métamorphiques de quartzites correspondant à celles des schistes ; les quartzites micacés comportent un développement clairsemé de lamelles de biotite (descente de Cussy-en-Morvan, carrière à l'Est de Le Plot, flottement des bois de Luzy). Très souvent, dans le Morvan, le contact des quartzites avec le granite semble avoir provoqué la formation de granulite abondante et cette roche injecte dans le quartzite un ciment de mica blanc ; tel est le cas aux environs du Revatray, de Chiseuil, au château de Rivière, à Saint Léon, etc.

Quartzites feldspathisés. — Les quartzites feldspathisés sont également très abondants au voisinage immédiat du granite. Le type par superposition y domine. Quand les filons de granulite y deviennent abondants, il faut ajouter la tendance au développement de micropegmatite (entre Fly et l'étang, à la carrière du Plot).

Quartzites amphiboliques. — Quelques quartzites, probablement à ciment calcaire, montrent l'amphibole, d'ailleurs peu abondante, moulant leurs grains de quartz en mouchetures éparses. Tels sont les gisements de quartzites amphiboliques de Fletty et pyroxéniques avec sphène sous L des bois de Luzy (E-M.). Ces premiers types, très voisins du granite, sont aussi très feldspathisés. Je les considère comme tournaisiens ; d'autant plus que les autres exemples de quartzites amphiboliques que j'ai à citer (Moulin de Mâchefer, Petit-Beuvray) sont intimement associés aux poudingues de même âge, dans lesquels je vais avoir également à signaler le développement des cristaux d'amphibole.

Plus loin du granite, à l'entrée du bois de la Croix-Charles, près le château du Ponay, j'ai à signaler également un quartzite amphibolique, avec feldspath développé par superposition, qui est, lui aussi, associé à des poudingues tournaisiens. C'est encore le cas à Saint-Clément près Tarare.

Poudingues. — Les poudingues que l'on rencontre dans le Morvan sont ceux

de la base du Tournaisien ; les éléments qui les composent, lorsqu'ils ne sont pas métamorphisés, sont uniquement empruntés aux niveaux immédiatement inférieurs : grès et quartzites tournaisiens de base, schistes silicifiés, famenniens ou tournaisiens, calcaires frasniens, orthophyres et albitophyres. Leur couleur est souvent foncée (vert noirâtre), en partie dûe à de la matière charbonneuse. Les galets, de beaucoup les plus abondants, sont les galets de quartzites à cassure lustrée et de quartz souvent à extinction roulante (carrière de Conneuf, près Ternant, etc.) ; j'ai trouvé assez fréquemment des galets d'albitophyres (poudingues au Nord de Bourbon-Lancy) et d'orthophyres (sous la mairie d'Avrée, descente à l'Est de Savigny-Poil-Fol, tranchée de Recoulon, etc.). Je signalerai en outre la présence, en assez grande quantité, de galets de lydiennes noires qui ont montré au microscope des sections de tiges d'encrines presque effacées par la silicification (carrières de Conneuf). Certains galets, d'ailleurs fort rares, de roches blaviéritisées sont difficiles à rattacher aux formations précédentes ; mais je les rattache plutôt aux orthophyres qu'à des affleurements de granite ancien parce que le quartz y est toujours rare. La pâte, dans laquelle sont englobés les galets, est composée de débris fins qui ont même provenance que ces derniers : grains de quartz, débris schisteux et charbonneux, quelquefois débris d'orthose et d'albite, unis par un ciment siliceux ou calcaire.

Le fait notoire, qui caractérise ces poudingues, est l'absence d'éléments granitiques qui est une première preuve de leur antériorité au granite ; ils ne contiennent, en effet, qu'une faible proportion de débris feldspathiques dans la pâte et je n'ai trouvé aucun galet de granite. Les rares éléments feldspathiques qu'ils contiennent proviennent des roches albitophyriques, famenniennes et orthophyriques, tournaisiennes. La comparaison avec les poudingues et arkoses du Stéphanien ou du Permien (bassin d'Autun) est convaincante à ce sujet ; ces derniers, qui sont postérieurs au granite, contiennent en effet une abondance extrême de débris feldspathiques, de galets de granite et de microgranulite. Le même contraste peut s'observer dans les poudingues viséens de la Loire (Col de Polossy, Montagny), dans lesquels les galets de granite, bien reconnaissables, ne sont pas rares. M. Michel-Lévy les a signalés dès 1889 (feuille de Bourg).

Poudingues métamorphisés. — Les poudingues tournaisiens du Morvan et de la Loire présentent trois sortes principales de métamorphisme, suivant leur composition et la proximité du granite.

Poudingues micacés et maclifères. — J'y ai distingué, en effet, des poudingues dont la pâte est micacée et maclifère et dont les galets ont subi également un métamorphisme analogue mais moins caractérisé. Au point 341, au-dessus des maisons de Bois-de-Luzy, la pâte de ces poudingues est très micacée et tachetée de chiastolite ; elle est de nature schisteuse. Les galets de quartzite ont leur quartz nourri, surtout sur les bords ; ils passent parfois à du quartzite micacé ; car le mica noir naît au cœur même des galets ; les galets d'orthophyre contiennent, à l'occasion, du mica polysynthétique ; chose intéressante, le mica admet de petits cristaux de zircon autour desquels se développent les auréoles

polychroïques bien connues. Mêmes beaux échantillons de pâte de poudingues micacée à l'entrée du bois de la Croix-Charles (E. du château de Ponay); à Ferrières (Allier), les poudingues micacés alternent avec les poudingues amphiboliques dont je parlerai plus loin.

Poudingues micacés et feldspathisés. — La feldspathisation intervient dans les pâtes de poudingues tournaisiens à proximité du granite, tout comme dans les schistes micacés.

Nous citerons comme beaux exemples de poudingues feldspathisés par le granite, ceux qu'on peut recueillir à l'étang du château de Veau, en haut du petit chemin de Recoulon (chemin à l'Est) à la croisée de la route de Luzy; dans la carrière du Moulin-Neuf et dans celle à l'Est du Plot, sur la de « la Garde » (E.-M.) (chemin d'Arcy). Ici les galets ne se détachent plus de leur gangue et il faut une certaine attention pour les distinguer. On y trouve le type de granitisation par superposition avec grands orthoses naissants et micropegmatite, surtout dans la pâte. La naissance des feldspaths ne s'arrête pas à la pâte; elle envahit souvent les galets eux-mêmes. Dans les galets d'orthophyre, le quartz épigénique forme des sortes d'éponges poecilitiques, simulant des porphyres à quartz globulaire. Au château de Veau, tous ces phénomènes sont encore compliqués par un passage de dynamométamorphisme intense qui a brisé les grand cristaux d'orthose. Des petits filonnets feldspathiques traversent souvent tout l'ensemble, pâte et galets; ils contribuent à effacer les limites de ces derniers (sous la de la Garde). La carrière du Moulin-Neuf peut être citée comme une carrière de poudingues à galets semi-fondus, dont il est parfois difficile de saisir les contours (galets d'orthophyre et d'albitophyre).

Poudingues amphiboliques. — Dans le Morvan, le plus souvent, c'est la pâte du poudingue qui témoigne seule d'une certaine teneur en calcite; l'amphibole, sous forme de cristaux ouralitisés et de fibres d'actinote, s'associe exclusivement dans cette pâte à des grains de quartz plus ou moins nourris; elle constitue donc une sorte de corne amphibolique; les galets, généralement de quartzite, n'admettent que des grains d'épidote. Dans la descente du Petit Beuvray à Montmoret, on voit la très curieuse action du milieu sur les produits du métamorphisme quand on suit une des petites fentes microscopiques qui traversent galets et ciments (fig. 48) : dans la pâte qui simule une corne amphibolique, le petit filonnet est rempli d'actinote; au passage des galets de quartzite, les grains de quartz sont grossis et nourris et contiennent quelques nids d'épidote.

Dans une carrière ouverte sur la grande route de Saint-Léger-sous-Beuvray, après le col du Reboul, au Nord du Beuvray, les phénomènes sont identiques.

Plus au Sud, dans la vallée de l'Alène, le poudingue sous « chez Gonneau » contient, en plus de l'amphibole, des grains de sphène.

C'est dans le faisceau synclinal de la Loire que nous connaissons les plus beaux exemples de poudingues métamorphisés amphiboliques. Dans une carrière ouverte à 500 m. à l'Ouest de Saint-Clément sur la route de Valsonne, au milieu de quartzites feldspathisés, apparaissent des poudingues dans lesquels on distingue encore des galets de quartzite fin, de calcaire, d'orthophyre; ces poudingues

sont très difficiles à reconnaître, à cause de l'effacement plus ou moins complet des galets. On en trouve cependant de magnifiques échantillons quand l'exploitation atteint quelques parties bien conservées. Le ciment est, comme dans le Morvan, exclusivement composé de quartz et d'amphibole. Les galets de quartzite sont les mieux conservés ; de fines veinules, remplies d'amphibole, de quartz, de calcite et d'épidote, les traversent et viennent se fondre dans la pâte ; quant aux galets de calcite, ils sont le plus souvent méconnaissables ; l'amphibole les envahit et leurs contours disparaissent partiellement. Les galets d'orthophyre ne sont bien visibles qu'en lumière naturelle ; les microlithes de feldspath y sont, en effet, transformés en calcédoine ; mais leurs contours restent très nettement délimités en lumière naturelle (fig. 49). A l'Est du hameau de Létra, apparaissent des poudingues amphiboliques aussi beaux que les précédents.

Fig. 48. — Filonnet microscopique dans un poudingue métamorphisé, amphibolique (descente du Petit-Beuvray à Montmoret), en plaque mince (gross. 20 diam.).

Montrant des fibres d'actinote (a) à sa traversée de la pâte schisteuse, des cristaux d'épidote (e) à sa traversée des galets de quartzites.

A la sortie de Ferrières (route de la Guillermie, rive gauche du Sichon), les poudingues contiennent des galets de quartzite fin, à peu près respectés, et des galets de schistes tachetés ; la pâte gréseuse se montre remplie d'amphibole, en particulier d'actinote ; par place, le mica noir s'associe à l'amphibole de dernière consolidation.

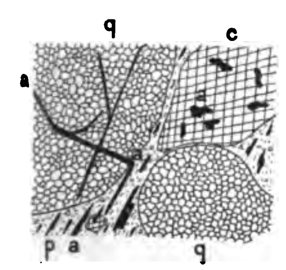


Fig. 49. — Poudingue métamorphisé amphibolique (carrière de Saint-Clément, près Tarare, Rhône), en plaque mince (gross. 20 diam.).

La pâte (p) est quartziteuse, avec fins cristaux d'amphibole orientés (a). Les galets de quartzite (q) ne présentent d'amphibole que dans les cassures. Un galet de calcaire très déformé (c) montre l'amphibole développée en plages, en son milieu.

Les phénomènes métamorphiques, subis par les poudingues du Morvan et de la Loire, avaient échappé à mes prédécesseurs. Ils me paraissent avoir une grande importance théorique, étant donné le rôle que jouent ces poudingues dans la stratigraphie générale du pays. C'est une démonstration de plus de la postériorité du granite au Tournaisien. Car si l'on peut contester l'âge de quelques-uns de ces poudingues, il n'est pas douteux que le plus grand nombre d'entre

eux ne soit tournaisien. A ce point de vue, on remarquera aussi l'importance que prend la présence de galets d'albitophyre et d'orthophyre authentiques dans ces poudingues métamorphiques.

2° Roches d'épanchement et de projection.

A partir du sommet du Famennien apparaît une série de roches éruptives qui jouent un rôle important au point de vue tectonique. Les épisodes précurseurs ont commencé par des coulées d'albitophyres souvent vacuolaires, interstratifiées dans les schistes famenniens à Clyménies et dont nous avons trouvé fréquemment des galets roulés dans les premiers poudingues dinantiens. Ces albitophyres, d'un type pétrographique nettement caractérisé, se montrent accompagnés de tufs assez abondants et bien distincts, même à l'œil nu, des tufs microgranulitiques.

Puis viennent des éruptions d'orthophyres qui reposent sur les grès fossilifères du Tournaisien. Ces orthophyres alternent avec des lits de poudingues contenant des galets de leur propre substance. En tous cas ils passent pétrographiquement à des types de microgranulite basique, dépourvus de quartz bipyramidé de première consolidation. Ils sont inférieurs aux tufs microgranulitiques francs.

L'étude que nous avons déjà faite, tant au point de vue stratigraphique qu'à celui du métamorphisme des poudingues tournaisiens, nous a montré que plusieurs de ces poudingues, contenant des galets d'albitophyres et d'orthophyres, sont métamorphisés par le granite. On peut en conclure, en stricte logique, qu'albitophyres et orthophyres sont antérieurs à la montée du granite de Luzy; mais il y a lieu de faire tout de suite une séparation entre les albitophyres famenniens et les orthophyres tournaisiens. La composition chimique de ces derniers les rapprochent du granite et des autres roches postérieures, tournaisiennes, tandis que les albitophyres famenniens sont d'un type chimique aberrant, beaucoup plus riche en soude.

Albitophyres famenniens. Brèches et tufs albitophyriques. — Les deux plus belles carrières de cette roche, intéressante entre toutes, sont celles du Moulin-du-Roi (rive droite et rive gauche) et celle qui a été ouverte au-dessous du Signal de Mont, sur le versant S.S.O., à 300 m. environ au N. E. du point 360 m. (E. M.).

Dans ces deux gisements, le premier temps comprend des cristaux d'orthose, de microperthite et surtout d'albite très abondante. La roche du Mont contient encore quelques rares cristaux de hornblende brune, d'un brun pâle.

Le deuxième temps, nettement microlithique, est constitué sous le Mont par de fins microlithes d'albite, au Moulin-du-Roi par des microlithes de même nature, mais beaucoup plus gros. L'étude des mâcles (albite, Carlsbad) ne laisse aucun doute sur la nature de cet albite. Tout au plus quelques-uns de ces microlithes tournent-ils vers l'oligoclase-albite avec extinction maximum à 10° dans la zône de symétrie.

Comme minéraux secondaires on peut citer le quartz, l'épidote et la zoïzite, la calcite, la chlorite (pennine et rhypidolite), le rutile, la pyrite, etc...

De très belles variétés de la même roche apparaissent au Nord de Charmes, dans le vallon du Vezon; elles contiennent des vacuoles nombreuses, souvent d'assez grande taille et garnies de remplissages divers (pennine, calcite). Toutes ces roches sont en coulées interstratifiées dans les schistes les plus élevés du Famennien.

Je dois à M. Pisani l'analyse de deux roches du Moulin-du-Roi et de « En Mont » (Voir p. 224, n° XXIII et XXIV). L'application de la méthode américaine et de celle des paramètres magmatiques donne les résultats suivants :

Albitophyre du Moulin-du-Roi. — XXIV.

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 5.3	x°/o = 25.3	II	Classe Dosalane	Φ = 2.3	II-III	syénitique	K	1
Ab. . 49.3							N	8
An. . 19.3	y' = 61	V	Ordre Germanare	r = 0.17	I	persodique	C	6
F . . 66.9							Ssal	60
N . . 1.1	z = 4.4	III	Rang près Andase	Ψ = 2.3	II	magnésien-ferrique	F	37
Sal. . 68.0							M	16
x . . 23.2	r = 0.17	V près IV	Subrang près Andose	U = 1.4	II	méso-calcique	C'	9
Total. 91.2							Sx	32
An 0/0 29								

Albitophyre du Moulin-du-Roi (suppression du carbonate de chaux). — XXIV.

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 5.3	x°/o = 21.8	II	Classe Dosalane	Φ = 2.5	III	syénitique	K	1
Ab. . 44.0							N	8
An. . 1.0	y = 5.1	IV	Ordre Austrare	r = 0.17	I	persodique	C	0
F . . 50.3							Ssal	66
Q . . 9.1	z = 8.7	II	Rang près Dacase	Ψ = 2.3	II	magnésien-ferrique	F	45
a . . 6.6							M	20
Sal . 66.0	r = 0.17	V près IV	Subrang près Dacose	U = 42.0	III	micro-calcique	C'	0
x . . 19.0							Sx	27
Total. 85.0								
An0/0 2.2								

Albitophyre de « En Mont ». — XXIII.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	4.8	x°/₀ = 24.8	II	Classe Dosalane	Φ = 2.9	III	syénitique	K	0.4
Ab. .	40.6							N	7
An. .	24.8	y = 22	V	Ordre Germanare	r = 0.06	I	persodique	C	7
F . .	67.2							Ssal	60
Q . .	3.3	z = 3	III	Rang x	Ψ = 2.3	II	magnésien-ferrique	F	45
a . .	0.8							M	20
Sal .	71.3	r = 0.06	V	Subrang x près Andose	U = 2.1	III	microcalcique	C′	0
x . .	23.6							Sx	28
Total.	94.9								
An 0/0	38								

La roche du Moulin-du-Roi est une *Andose*; la fumerolle de son magma est *syénitique*, *persodique*, la *scorie magnésienne-ferrique*, *méso-calcique*.

Cette même roche, après suppression théorique du carbonate de chaux, devient voisine d'une *Dacose*; sa fumerolle reste *syénitique*, *persodique*; sa scorie est *magnésienne-ferrique*, *micro-calcique*.

La roche de « en Mont » est voisine d'une *Andose*; sa fumerolle est *syénitique*, *persodique*; sa scorie *magnésienne-ferrique*, *micro-calcique*.

Vers le Nord, au-dessus du hameau des Berthelots, à 400 m. de distance sur la voie romaine, réapparaît une brèche d'albitophyre de la même famille, mais beaucoup plus acide; elle comprend les mêmes éléments minéralogiques, microperthite, albite, dans un magma riche en chlorite de décomposition du bisilicate. Les résultats de l'analyse sont consignés p. 224, n° XII. Le calcul donne les noms et paramètres suivants :

Brèche albitophyrique au-dessus de « les Berthelots ». — XII.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	4.1	x°/₀ = 17.3	II	Classe Persalane	Φ = 3.3	IV	alcalino-granitique	K	1
Ab. .	44.8							N	7
An. .	4.5	y = 2.3	IV	Ordre Austrare	r = 0.13	I	persodique	C	1
F . .	53.4							Ssal	72
Q . .	22.8	z = 19	II	Rang Dacase	Ψ = 1.4	I	magnésien	F	39
a . .	4.6							M	25
Sal. .	80.8	r = 0.13	V	Subrang x	U = 7.0	III	microcalcique	C′	0
x . .	16.9							Sx	32
Total.	97.7								
An 0/0	11								

Cet albitophyre est une *Dacase* à fumerolle *alcalino-granitique*, *persodique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. Elle se rapproche extraordinairement de celle du Moulin-du-Roi, après suppression de son carbonate de chaux.

Il est intéressant de noter l'air de famille des deux premiers albitophyres étudiés : pauvreté en potasse, prédominance de la soude, abondance de l'acide carbonique dû à la calcite, avec cette particularité que la fraîcheur des feldspaths démontre nettement que la chaux provient des bisilicates, décomposés en chlorite, et seulement en très minime partie des plagioclases.

A ce point de vue, les deux tableaux paramétriques de l'analyse du Moulin-du-Roi (p. 241) sont très intéressants à consulter d'un peu près.

Dans le premier, on a fait abstraction de l'acide carbonique, rapportant à la roche toute la chaux de l'analyse.

Dans le second, on a calculé à part tout le carbonate de chaux correspondant à l'acide carbonique dosé.

Il est remarquable que les paramètres magmatiques soient restés presque exactement les mêmes, sauf le paramètre U : en réalité, le deuxième tableau s'applique à une roche quasi-dépourvue de chaux et par conséquent d'anorthite, et, par contre, beaucoup trop enrichie en alumine libre (corindon des auteurs américains). Le premier tableau donne, au contraire, une teneur en anorthite de 29 °/₀ pour les plagioclases, ce qui est très exagéré, eu égard aux déterminations optiques de la roche. Il est probable qu'une grande quantité d'alumine doit être attribuée à l'amphibole dont ces roches devaient être garnies et qu'une très minime quantité de chaux a été soustraite aux feldspaths du premier temps. A ce point de vue, la brèche d'albitophyre paraît plus fraîche que les albitophyres proprement dits.

Il convient d'appeler ici l'attention sur une formation de tufs constitués par un mélange variable de produits de projection, provenant des éruptions albitophyriques, et de débris de roches sédimentaires, schistes et calcaires, en faible proportion. Ces tufs accompagnent très fréquemment les albitophyres éruptifs et sont interstratifiés comme eux dans les schistes famenniens. Un échantillon de ces tufs, uniquement formé de débris d'albitophyre, contenant de rares grands cristaux d'amphibole brune conservée et provenant d'un banc immédiatement inférieur aux schistes tournaisiens, fossilifères, de la tranchée de Recoulon, a été analysé par M. Pisani (p. 224, nº XIV).

Tuf albitophyrique, sous les schistes fossilifères de Recoulon. — XIV.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	3.0	x % = 16.7	II	Classe Dosalane	Φ = 2.8	III	syénitique	K	1
Ab. .	52.5							N	8
An. .	7.0	y = 4.2	IV	Ordre Austrare	r = 0.08	I	persodique	C	2
F . .	62.5							Sal	68
Q . .	14.8	z = 14	II	Rang Dacase	Ψ = 1.3	I	magnésien	F	34
a . .	4.3							M	27
Sal .	81.6	r = 0.08	V	Subrang x près Dacose	U = 4.0	III	microcalcique	C'	0
x . .	16.4							Sx	32
Total .	98.0								
An 0/0	8.5								

Le calcul des paramètres en fait donc une roche voisine des *Dacoses*, à fumerolle *syénitique*, *persodique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. Sa haute teneur en silice, sa pauvreté en chaux, indiquent une roche lavée et la rapprochent de la brèche albitophyrique recueillie sur la voie romaine, au-dessus de « les Berthelots » (analyse n° XII). Mais sa fumerolle persodique la rattache intimement, comme cette dernière, aux albitophyres du « Moulin-du-Roi » et de « En Mont ».

Cette très intéressante formation des albitophyres se prolonge au loin ; elle est très reconnaissable, grâce à la détermination relativement facile des microlithes d'albite qui la caractérisent. Si les affleurements d'albitophyres en coulées se sont montrés assez nombreux au milieu des schistes famenniens (Charmes, Moulin-du-Roi, Fréminet près de Bourbon-Lancy, en Mont, sur le chemin de Boucharin à La Place, au-dessus des Berthelots), des brèches de ces mêmes roches se rencontrent plus fréquemment encore, soit au voisinage immédiat des coulées éruptives reconnues, soit en pointements isolés. A l'éperon S. E. de la forêt de Chavencé, au Vollerot (S. de Chalmoux), ces brèches contiennent des grands cristaux d'amphiboles et des débris d'albitophyres à microlithes d'amphibole ; à la carrière du Troncy (S. de Chalmoux), des débris vacuolaires présentent des rosettes de chlorites fibreuses ; sur la nouvelle route de Mont affleure une brèche d'albitophyre dans laquelle le sphène est abondant ; à 200 m. à l'Ouest de cette carrière, la roche existe en véritable coulée. De telles brèches se rencontrent encore au « Sarroux », dans la tranchée du chemin de fer en face du hameau des Berthelots, sur la voie romaine au-dessus de ce hameau.

Les tufs albitophyriques forment des couches interstratifiées que j'ai maintes fois rencontrées : je signalerai ceux du bord de la Loire, entre le pont de la route et Gilly ; de l'amphibole brune, en grands cristaux, n'y est pas rare ; des tiges d'encrines et des traces d'autres organismes s'y rencontrent en empreintes nettement conservées ; les débris schisteux y sont fréquents ; ce sont ces tufs que l'on a retrouvés vers l'Ouest, à 20 m. de profondeur, dans deux puits, à la

Vèvre. Les tufs de la ferme des Jocquets, au N. de Fontête, présentent exactement les mêmes particularités.

Dans la vallée du ruisseau de Fontête, des tufs d'albitophyres, avec débris anguleux de calcaire à encrines et traces de spongiaires, affleurent en face de Fontête, sur la rive gauche, et après la ferme de Puzenat. Au point 274, sous les Pierrots et dans la carrière sur « S » de Sauvigny, les tufs albitophyriques sont interstratifiés au milieu de schistes métamorphisés, au voisinage du granite ; ils se chargent eux-mêmes de noyaux de mica noir polysynthétique. Dans la tranchée de Recoulon (vallée de l'Alène), ces mêmes tufs forment le soubassement des poudingues constitués par leur remaniement, immédiatement au-dessous des schistes tournaisiens fossilifères.

En résumé, cette formation éruptive du sommet du Famennien, si intéressante au point de vue stratigraphique et pétrographique et que j'ai découverte en même temps que les niveaux fossilifères à Clyménies, comporte, à côté des coulées de roches éruptives, des brèches, qui peuvent fort bien appartenir aux mêmes coulées, et des tufs, associés à des débris calcaires, fossilifères (tiges d'encrines), qui sont partiellement composés de produits de projection.

Au point de vue minéralogique, les seuls cristaux complètement ou partiellement conservés sont :

Au premier temps : de grands orthoses avec microperthite et surtout abondance d'albite, et des phénocristaux de hornblende, bruns pâles.

La seconde consolidation comporte des microlithes d'albite, très bien conservés, et caractérisés par toutes les propriétés optiques de ce feldspath (méthode Michel-Lévy, méthode Becke).

Les produits secondaires (calcite, chlorites, zéolites) sont abondants ; mais ils ne masquent pas l'affinité pétrographique et chimique de la série qui va aux *Dacases* ou albitophyres à amphibole. Quant à la roche moyenne, sa fumerolle est *syénitique* ou *alcalino-granitique*, *persodique* ; sa scorie est *magnésienne-ferrique* et *micro calcique*. Au point de vue de la richesse en soude, c'est la série la plus aberrante du granite que nous possédions, les diorites et porphyrites amphiboliques n'étant que mésosodiques et non pas persodiques.

Il est intéressant de rappeler ici qu'il existe dans le bassin de Laval, à un niveau, il est vrai un peu plus élevé (Dinantien supérieur, d'après D. P. Oehlert [82], un gisement d'albitophyres (dyke du Bégon, près Entrammes) déterminés par M. Michel-Lévy [80]. Une analyse de M. Léon Bertrand a donné :

SiO^2	68.40
Al^2O^3	14.07
Fe^2O^3	7.15
CaO	1.10
MgO	3.21
Na^2O	5.09
K^2O	1.70
Total	100.72
Perte au feu	1.88

Elle permet d'établir le tableau des paramètres suivants :

Albitophyre du Bégon

Calcul M L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 10.1 Ab. . 43.2 An. . 5.5	x °/₀ = 14.6	II	Classe Dosalane	Φ = 3.4	IV	alcalino-granitique	K N C Ssal	2 6 1 75
F . . 58.8 Q . . 25.5 a . . 1.9	y = 2.3	IV	Ordre Austrare	r = 0.3	II	méga-sodique		
	z = 17	II	Rang Dacase	Ψ = 2.2	II	magnésien-ferrique	F M	49 22
Sal . 86.2 x . . 14.7	r = 0.33	IV	Subrang Dacose	U = 6.5	III	micro-calcique	C' Sx	0 31
Total. 100.9 An 0/0 11								

Cette roche est donc une *Dacose*, sa fumerolle est *alcalino-granitique*, *méga-sodique;* sa scorie *magnésienne-ferrique*, *micro-calcique*.

Sa ressemblance avec les albitophyres du Morvan est grande. Sa fumerolle s'écarte un peu du type syénitique ; elle est un peu moins sodique ; sa scorie est identique. Elle constitue plutôt un ortho-albitophyre ; M. Michel-Lévy y a d'ailleurs signalé des microlithes d'orthose, en outre de ceux d'albite.

Orthophyres tournaisiens. Brèches et tufs orthophyriques. — Nous avons vu que diverses coulées interstratifiées d'orthophyres, généralement bruns et passant à l'œil nu à des variétés de microgranulites basiques, sans grands quartz bi-pyramidés, s'intercalent dans les couches tournaisiennes, fossilifères. La vallée de la Cressonne, entre Saint-Seine et Ternant, en présente un premier exemple ; chaque éperon séparant les vallons affluents de la rive gauche, montre sa pointe composée de ces roches éruptives compactes ; je choisirai donc, comme premier exemple, les échantillons prélevés dans les carrières qui s'étagent à l'Est, au-dessus de l'ancienne Forge de la Loge (Nord de Saint-Seine).

Les grands cristaux sont composés d'orthose et d'albite ; les microlithes sont nettement formés de petits cristaux raccourcis d'orthose, mêlés à un peu de quartz en éponges poecilitiques. Des produits secondaires, abondants, salissent la pâte (hématite, chlorite, épidote). L'analyse (p. 224, n° III), due à M. Pisani, rend compte de la composition chimique de la roche :

Orthophyre (Forge de la Loge). — III

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 27.8 Ab. . 36.4 An. . 0.8	$x°/_{°}$ = 5.7	I	Classe Persalane	Φ = 3.2	IV	alcalino-granitique	K N	5 4
F . . 65.0	y = 2.3	V	Ordre Britannare	r = 1.1	V	méga-potassique	C Ssal	» 76
Q . . 28.2 Sal . 93.2	z = 111.	I	Rang Liparase	Ψ = 1.5	I-II	magnésien, magnèsien-ferrique	F M C'	39 25 »
x . . 5.6 Total . 98.8	r = 11.	III	Subrang Liparose	U = 11.	III	micro-calcique	Sx	32
An 0/0 2								

La silicification de la pâte augmente certainement l'acidité apparente de la roche qui, dans la nomenclature américaine, s'appellerait *Liparose* et, d'après le tableau précédent, témoigne d'une fumerolle *alcalino-granitique* et *méga-potassique*, d'une scorie *magnésienne-ferrique* et *micro-calcique*.

A Boucharin, ces orthophyres sont entremêlés, en grandes masses, dans les poudingues tournaisiens. La couleur, de noire brunâtre, passe au violet à apparence vitreuse, en même temps que la masse s'étire vers le N. N. E.

Le microscope montre de grands cristaux d'orthose et d'albite et une pâte à peine dévitrifiée, présentant encore quelques microlithes d'orthose. L'analyse n° VII (p. 224), dûment interprétée, montre l'extrême analogie de cette roche avec l'orthophyre plus cristallin de la Forge de la Loge :

Orthophyre obsidiennique (Boucharin). — VII

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 21.3 Ab. . 27.9 An. . 3.0	$x°/_{°}$ = 7.1	I	Classe Persalane	Φ = 4.0	V	granito-dioritique	K N C Ssal	4 4 1 77
F . . 52.2 Q . . 35.1 a . . 3.6	y = 1.5	III	Ordre Columbare	r = 1.09	V	méga-potassique	F	61
Sal . 90.9 x . . 6.9	z = 28.5	I	Rang Alaskase	Ψ = 7 0	IV	ferrique	M C' Sx	9 0 19
Total. 97.8 An 0/0 10	r = 1.09	III	Subrang Alaskose	U = 7.0	III	micro-calcique		

Ce serait une *Alaskose,* à fumerolle *granitique* et *méga-potassique*, à scorie *ferrique* et *micro-calcique*.

Plus loin, la même traînée orthophyrique passe dans la première tranchée du chemin de fer sous les Berthelots (E.-M.) (analyse n° XIII, p. 224). La roche y devient une *Grorudose* à fumerolle *alcalino-granitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne-ferrique* et *micro-calcique*.

Orthophyre (tranchée sous les Berthelots). — XIII

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 23.1 Ab . 27.1 An. . 2.5	x °/₀ = 14.9	II	Classe Dosalane	Φ = 3.2	IV	Alcalino-granitique	K N C Sal	5 4 0 68
F . . 52.7 Q . . 21.9 a . . 8.7	y = 2.4	IV	Ordre Austrare	r = 1.2	V	méga-potassique		
Sal . 83.3 x . . 14.6	z = 35	I	Rang Pantellérase	Ψ = 1.5	I-II	magnésien, magnésien-ferrique	F M C' Sx	38 25 » 32
Total. 97.9 An °/₀ 8	r = 1.2	III	Subrang Grorudose	U = 11	III	micro-calcique		

On voit que, malgré la très grande variation de la teneur en silice, qui fait osciller ces roches entre les orthophyres et les rhyolites, les paramètres magmatiques restent sensiblement les mêmes. Ce sont des roches, en somme, à paralléliser avec les granites alcalins, à grande teneur en potasse et pauvres en chaux; le contraste avec les albitophyres famenniens est bien dans la teneur élevée en potasse, confirmée par l'abondance des microlithes d'orthose, au deuxième temps. La silicification secondaire, intense, a généralement effacé les micas du premier temps et peut-être quelques bisilicates. Dans des cas très nombreux, l'anorthose s'associe à l'orthose. On remarquera aussi l'abondance des types vitreux et même à structure perlitique encore conservée. A l'extrémité orientale de l'anticlinal n° V, les orthophyres de l'auberge de Bar-le-Régulier qui descendent jusqu'à la route, présentent les plus beaux exemples de ces obsidiennes, encore perlitiques au microscope.

Une des surprises, que l'étude microscopique me réservait, a consisté dans l'attribution, à des brèches d'orthophyres, des formations marquées en quartzites dévoniens sur l'ancienne carte, de Remilly à la Vieille-Montagne. Il n'avait pas échappé à mes devanciers que ces formations, qui laissent apparaître par place quelques poudingues, comportaient des roches à grands cristaux de feldspath, parfois automorphes, parfois aussi brisés et fragmentaires; c'était à proprement parler un représentant, de plus, de ces porphyroïdes qui servent de désignation aux roches éruptives ou métamorphiques mal définies.

Mais ici (aux Brouillats près Lanty, à Charnay, à l'Est de Remilly, à Semelay, sur la route de Luzy à Saint-Honoré au col de Montaron, au sommet de la Vieille-

Montagne, au-dessus de Saint-Gengoult, dans une carrière sous « bois » de bois de Veau (E.-M.), etc.), l'examen au microscope donne des résultats toujours concordants. Entre les nicols croisés, on voit de grands cristaux d'orthose, d'albite, d'anorthose, noyés dans un magma calcédonifié, à gros et à petits grains de quartz. Il est extrêmement rare de voir, entre les nicols croisés, des microlithes d'orthose conservés ; mais si l'on opère en lumière naturelle, on voit très souvent leurs anciens contours ; c'est la silicification intense qui les a effacés en lumière polarisée ; on saisit, en outre, la structure bréchoïde de la plupart de ces roches ; ce sont donc des brèches, contenant parfois des fragments d'obsidienne à structure perlitique, encore visible en lumière naturelle.

D'autrefois, mais plus rarement, on a à faire à des tufs, contenant de petits fragments d'orthophyre, jadis microlithique et admettant en outre parfois des cailloux roulés de roches variées.

En somme, les brèches orthophyriques d'apparence éruptive, telles qu'en charrient encore aujourd'hui les coulées volcaniques de roches acides, dominent le long de cet important anticlinal n° IV de la Vieille-Montagne.

A l'œil nu, ces roches sont tantôt blanches à aspect quartziteux, tantôt flammées de lèches vertes (par exemple, au col de Montaron et au sommet de la Vieille Montagne). Elles sont particulièrement riches en débris microlithiques et calcédonieux, avec belle structure perlitique, dans la descente du sommet 304 à Remilly, sur la route de Luzy à St-Honoré (un peu à l'Ouest du col de Montaron), sur le chemin montant de Cluze-Bardenne au sommet de la Vieille-Montagne, et aussi, au-dessus de St-Gengoult.

Les variétés de brèches orthophyriques, analysées par M. Pisani, ont confirmé leur intime parenté avec les orthophyres éruptifs (voir p. 224) :

N° XV. Analyse de la brèche du sommet de la Vieille Montagne.

N° IX. Analyse de la brèche en descente du point 304 sur Remilly.

N° VI. Analyse de la brèche en haut de Cluze-Bardenne.

Ces brèches contiennent de 60 à 72 °/° de silice, comme les orthophyres.

Brèche orthophyrique (Sommet Vieille Montagne). — XV.

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 16.6 Ab. . 39.8 An. . 6.5	x °/° = 15.3	II	Classe Dosalane	Φ = 2.8	III	syénitique	K 3 N 5 C 2 Ssal 66
F . . 62.9 Q . . 14.1 a . . 5.3	y = 4.4	IV	Ordre Austrare	r = 0.59	IV	méso-potassique	F 36 M 25
Sal . 82.3 x . . 14.9	z = 15.2	II	Rang Dacase	Ψ = 1 4	I	magnésien	C′ 0 Sx 32
Total. 97.2 An 0/0 14	r = 0.59	IV	Subrang Dacose	U = 4.1	III	micro-calcique	

Brèche orthophyrique (en descente de 304 sur Remilly). — IX.

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 32.0 Ab. . 31.3 An. . 2.0	x °/₀ = 8.5	I	Classe Persalane	Φ = 3.0	IV	alcalino-granitique	K N C Ssal	6 4 0 72
F . . 65.3 Q . . 20.8 a . . 3.1	y = 3.1	IV	Ordre Britannare	r = 1.5	V	méga-potassique	F M	31 28
Sal . 89.2 x . . 8.3	z = 55	I	Rang Liparase	Ψ = 1.1	I	magnésien	C' Sx	0 33
Total. 97.5 An 0/0 6	r = 1.5	III	Subrang Liparose	U = 6.5	III	micro-calcique		

Brèche orthophyrique (haut du chemin de Cluze Bardenne). — VI.

Calcul M. L	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 49.7 Ab. . 2.5 An. . 0	x°/₀ = 8.9	I	Classe Persalane	Φ = 3.8	V	granito-dioritique	K N C Ssal	9 0 0 76
F . . 52.2 Q . . 34.9 a . . 2.6	y = 1.5	III	Ordre Columbare	r = 28.0	VI	per-potassique	F M	34 27
Sal . 89.7 x . . 8.7	z = ∞	I	Rang Alaskase	Ψ = 1.2	I	magnésien	C' Sx	0 33
Total. 98.4 An 0/0 0	r = 28	I	Subrang x	U = ∞	III	micro-calcique		

XV représente une *Dacose* à fumerolle *syénitique*, *méso-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*.

IX est une *Liparose*, à fumerolle *alcalino-granitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*.

VI est une *Alaskase*, à fumerolle *granito-dioritique*, *per-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*.

La moyenne est à fumerolle *alcalino-granitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*, tout à fait voisine de la moyenne des orthophyres et rhyolites éruptifs analysés.

Tufs microgranulitiques. — Je n'apporte pas, pour les tufs microgranulitiques, une contribution personnelle comparable à celle que j'ai pu donner à propos des tufs albitophyriques et des brèches orthophyriques. On doit à Grüner la première

observation du rôle pseudo-stratifié que jouent ces tufs ; à M. Michel-Lévy l'assimilation des porphyres noirs du Morvan (de Charmasse) avec les grès métamorphiques anthracifères de la Loire ; à M. Michel-Lévy aussi, la première détermination exacte des principaux éléments minéralogiques composants. Mais, malgré ces divers travaux, il plane encore une grande incertitude sur la véritable origine de ces roches, si abondantes dans le Plateau Central. Ici, l'examen optique à la lumière naturelle ne tranche pas la question d'origine, comme pour les brèches orthophyriques. Voici, en résumé, ce que l'on sait sur ces roches si intéressantes ; elles sont composées de nombreux débris d'orthose, d'andésine, souvent de quartz bipyramidé, cassé et corrodé, de mica noir en grands cristaux orientés et comme fluidaux ou plutôt comme stratifiés à la façon des micas des psammites. Ces grands cristaux de mica noir ne sont d'ailleurs jamais entrelacés entre eux, comme les cristaux naissants de biotite des schistes micacés ou des gneiss. Ils nagent dans une pâte, essentiellement et exclusivement calcédonieuse, mais qui, toutes choses égales, est moins abondante que celle des microgranulites ou des porphyres pétrosiliceux ; car les grands cristaux en débris sont très abondants dans les tufs microgranulitiques.

Ces tufs microgranulitiques passent fréquemment à de véritables schistes psammitiques, contenant des empreintes de plantes et même des couches d'anthracite (Lay dans la Loire, Ménessaire dans le Morvan, Fuissé dans le Mâconnais [94]). D'autre part, ils reposent sur les derniers poudingues et calcaires à Foraminifères du Viséen, également dans la Loire et dans le Morvan (Montagny dans la Loire, Cussy dans le Morvan), ce qui explique pourquoi je les ai constamment appelés tufs viséens.

Les principales variétés qu'ils offrent peuvent être basées sur la présence ou l'absence des grains bipyramidés de quartz et sur le plus ou moins de mica noir qu'ils laissent apercevoir. M. Michel-Lévy a distingué des variétés compactes, dépourvues de grains bypiramidés de quartz, sous le nom d'orthophyres : mais il convient de remarquer qu'il n'a pas basé cette distinction sur la présence fréquente de microlithes d'orthose ; dans les deux cas, la pâte est toujours exclusivement calcédonieuse et ne justifie pas cette appellation.

Au point de vue chimique, on consultera avec fruit les analyses n° X et XI (p. 224), dûes à M. Pisani, de deux tufs microgranulitiques bien francs (tufs du Mont Préneley et tufs de Four Monté, au Sud de Chiddes). Voici leurs tableaux paramétriques :

Tuf microgranulitique (Mont-Préneley). — X.

Calcul M. L.	Paramètres américains	Paramètres magmatiques	Triangles normaux
Or. . 27.8 Ab. . 25.4 An. . 13.4	x °/₀ = 10.8 I Classe Persalane	Φ = 3.4 IV alcalino-granitique	K 5 N 3 C 3 Sal 70
F . . 66.6 Q . . 20.5 a . . 1.0	y = 3.2 IV Ordre Britannare	r = 1.6 V méga-potassique	F 35 M 27
Sal . 88.1 x . . 10.7	z = 6.9 II Rang Toscanase	Ψ = 1.3 I magnésien	C' 0 Sx 33
Total. 98.8 An °/₀ 35	r = 1.6 III Subrang Toscanose	U = 1.4 II méso-calcique	

Tuf microgranulitique (Four Monté). — XI.

Calcul M. L.	Paramètres américains	Paramètres magmatiques	Triangles normaux
Or. . 25.5 Ab. . 23.8 An. . 7.0	x °/₀ = 10.8 I Classe Persalane	Φ = 3.6 V granito-dioritique	K 5 N 3 C 2 Sal 70
F . . 56.3 Q . . 25.6 a . . 5.8	y = 2.2 IV Ordre Britannare	r = 1 54 V méga-potassique	F 42 M 19
Sal . 87.7 x . . 10.6	z = 12 II Rang Toscanase	Ψ = 2.4 II magnésien-ferrique	C' 0 Sx 27
Total. 98.3 An °/₀ 23	r = 1.54 III Subrang Toscanose	U = 3.5 III micro-calcique	

Les tableaux ci-dessus attribuent aux tufs du Mont Préneley le nom de *Toscanose*, avec magma à fumerolle *alcalino-granitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*, et à ceux de Four Monté, également le nom de *Toscanose* avec magma à fumerolle *granito-dioritique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne-ferrique*, *micro-calcique*.

On remarquera la différence capitale qui, entre tant de ressemblances, sépare le magma des tufs microgranulitiques du magma des brèches et des tufs orthophyriques (Voir p. 249) :

Les tufs microgranulitiques comportent une quantité notable d'anorthite ; la chimie dit 23 à 35 0/0 ; la détermination précise, par les procédés optiques, des plagioclases m'a donné 35 à 43 0/0 (dans des échantillons provenant des environs de St-Honoré) ; ces andésines zônées constituent d'ailleurs une différence minéralogique frappante avec les albites très acides des orthophyres et des brèches orthophyriques.

D'ailleurs, si l'on recourt au tableau des magmas des orthophyres, on trouve en moyenne 6 °/₀ d'An. pour les orthophyres, 1 °/₀ pour leurs brèches. C'est évidemment dans la teneur supérieure en chaux qu'est le trait caractéristique des tufs microgranulitiques viséens par rapport aux orthophyres tournaisiens. La comparaison avec le granite de Luzy mènerait au même résultat; le granite de Luzy est beaucoup moins riche en chaux. Le calcul normal ne lui attribue que 5 °/₀ d'An.

Nous verrons dans le chapitre suivant que, au contraire, tout rapproche les tufs microgranulitiques des microgranulites éruptives.

Je citerai comme gisements de tufs microgranulitiques typiques, ne contenant pas de quartz bipyramidé, le Mont Genièvre (l'apatite y est abondante), les environs de St-Honoré (avec grands cristaux automorphes et cassés d'orthose et d'andésine zônée, allant de 35 à 43 °/₀ d'An.); comme gisements de tufs microgranulitiques contenant du quartz bipyramidé, les environs de Villapourçon (avec orthose et andésine allant à 40 °/₀ d'An. et débris de quartz bipyramidés, comme éclatés en place et profondément corrodés).

Au premier pont d'Avrée sur la route de Semelay, les tufs microgranulitiques montrent, à côté de nombreux cristaux brisés d'orthose et d'andésine, quelques quartz bipyramidés et de rares cristaux de pyroxène décomposé.

Un échantillon de tufs microgranulitiques des environs de Glux (1er bois sous x de Glux, E. M.) m'a présenté, au milieu de nombreux débris d'orthose et d'andésine, quelques cristaux de grenats, développés au milieu de plages de feldspaths tricliniques. Je rappellerai encore que M. Michel-Lévy a signalé des tufs microgranulitiques avec débris charbonneux et rosettes d'andalousite, dans la montagne de Thyon au-dessus de Beaujeu.

En résumé, au point de vue minéralogique, rien ne s'oppose à l'hypothèse de tufs de projection, grossièrement stratifiés et remaniés ensuite par des phénomènes métamorphiques, dûs à la circulation d'eaux chaudes. Les schistes à plantes, intercalés dans les tufs, rappellent ceux, qui au Cantal et au Mont-Dore renferment des flores miocènes supérieures et pliocènes, intercalés dans les déjections cinéritiques; un seul minéral ne s'accommode guère avec cette hypothèse : c'est le mica noir, souvent très abondant dans ces tufs. Le mica se trouve rarement dans les produits de projection des volcans à l'état de produit projeté ; il paraît dans les druses et vacuoles comme produit de sublimation (méroxène du Vésuve). Le développement, *in situ*, de la biotite des tufs microgranulitiques ne paraît justifié par aucun fait probant.

L'entraînement par les eaux, qui pourrait en donner une explication plus plausible, ne s'accommode absolument pas avec l'état brisé, à angles vifs, des feldspaths et souvent du quartz bipyramidé, ni avec l'égale répartition de ces éléments parfois orientés, dans une pâte calcédonieuse.

Nous avons été amené, par des faits d'ordre tectonique et chimique, à admettre que les tufs passent à la microgranulite, roche franchement éruptive; plusieurs de leurs variétés ont été confondues autrefois avec de la granulite à mica noir (γ^2).

Il me paraît nécessaire d'avouer notre impuissance actuelle à expliquer com-

plètement la formation des tufs microgranulitiques. Les seuls faits, sur lesquels nous puissions conclure d'une façon ferme, sont les suivants : ces tufs ne sont pas de simples arkoses ; ils ne constituent pas non plus des tufs exclusivement de projection ; ils se sont grossièrement interstratifiés parmi les terrains sédimentaires à l'époque viséenne, avant les grands mouvements hercyniens, après la montée du granite.

Toutes leurs affinités pétrographiques et chimiques sont avec la microgranulite, avec laquelle ils se mélangent souvent d'une façon inextricable sur le terrain (route du Puits à Arleuf, dans le Morvan, vallée d'Azergues, dans le Rhône, seuil rocheux de la Loire, entre le bassin de Montbrison et celui de Roanne, dans la Loire).

Microgranulite, porphyre à quartz globulaire, porphyre pétrosiliceux. — Je n'ai pas l'intention de décrire en détail les nombreux filons dykes et dômes de microgranite que j'ai suivis dans le Morvan et dans la Loire, ni de revenir sur leur structure micrographique ; aussi bien, les données, que nous devons à M. Michel-Lévy sur ces structures si variées et si intéressantes, sont-elles encore valables sans correction, ni addition [19]. On trouvera dans ses mémoires de 1875 tout ce qui a trait à la structure micrographique des microgranulites, des porphyres à quartz globulaire, des porphyres pétrosiliceux. Je renvoie aussi le lecteur aux planches de la *Minéralogie micrographique* qui reproduisent plusieurs belles roches du Morvan ; notamment la pyroméride de Chaumiens, près Lavaux, au N. O. de Ménessaire [26, pl. XVI, fig. 1].

Si je cite cette pyroméride, c'est que, d'une part, j'ai eu occasion de l'étudier sur le terrain ; elle s'associe à des brèches éruptives, ponceuses, tout à fait remarquables ; et d'autre part, comme l'a montré M. Michel-Lévy, son étude micrographique met en évidence la naissance des sphérolites (et palmures de micropegmatite) avant la première consolidation de la roche ; car on voit encore la structure perlitique, c'est-à-dire de retrait, du restant de verre disposer ses enroulements tangentiellement aux sphérolites ; une cristallisation secondaire a développé d'ailleurs du quartz microgranulitique dans ce restant de verre, qui montre encore les fissures perlitiques et les trichites du pechstein originaire.

J'ai eu personnellement l'occasion, comme on a pu le voir plus haut, de découvrir des obsidiennes perlitiques dans les orthophyres et les brèches orthophyriques du Morvan (col de Montaron, dans la Vieille-Montagne, environs de Bar-le-Régulier), et de me servir de cette structure, jadis vitreuse et encore mal effacée par la silicification posthume, pour démontrer l'origine volcanique de roches, très modifiées par les actions secondaires.

J'ai décrit différents passages de la microgranulite à des microgranites (chemin de Glux à l'Echenault, Le Vernay, etc). Je signalerai aussi le passage de la microgranulite à des porphyres pétrosiliceux fluidaux (environs de Montreuillon). Il faut bien insister sur ce fait que les microgranulites de Montreuillon sont des roches à structure secondaire, dans lesquelles la microgranulite a modifié, après première consolidation, la partie jadis vitreuse et fluidale de la roche,

comme à Chaumiens ; ainsi donc, il y a des micrograpulites d'origines diverses : celles qui se relient à des microgranites constituent des roches de demi-profondeur; celles qui, comme à Montreuillon et à Chaumiens, passent à des porphyres pétrosiliceux et à des pyromérides, constituent des coulées épaisses, analogues à celles que l'on trouve interstratifiées dans les couches permiennes de l'Esterel, des Vosges, etc. Mais on voit combien leur origine peut être différente, puisque, dans ce dernier cas, la microgranulite est posthume et secondaire, analogue aux microdacites que M. Lacroix a vues se former au sein de la protubérance de la Montagne Pelée, aux dépens de roches primitivement microlithiques ou vitreuses. Ces théories, conformes aux leçons professées par M. Michel-Lévy au Collège de France, me paraissent jeter un jour sur certaines microganulites du Morvan.

On trouvera p. 224 les analyses, faites par M. Pisani, de la microgranulite passant au microgranite du ravin du Creux (O. de Le Puits) n° VIII ; du porphyre pétrosiliceux de Mont-Chérus n° II et enfin de celui du Chandelier près Montreuillon n° I.

Voici le tableau paramétrique de la première :

Microgranulite (ravin du Creux). VIII

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . Ab. . An. .	29.0 33.9 7.9	x°/₀ = 6.8	I	Classe Persalane	Φ = 3.1	IV	alcalino-granitique	K N C Ssal	5 4 2 73
F . . Q . .	70.8 21.7	y = 3.3	IV	Ordre Britannare	r = 1.2	V	méga-potassique		
Sal . x . .	92.5 6.8	z = 13	II	Rang Toscanase	Ψ 1.4	I	magnésien	F M C' Sx	34 24 0 34
Total . An0/0	99.3 19	r = 1.2	III	Subrang Toscanose	U = 1.2	II	méso-calcique		

La microgranulite du ravin du Creux, qui passe à des variétés granitoïdes, est une *Toscanose* à fumerolle *alcalino-granitique, méga-potassique*, à scorie *magnésienne, méso-calcique* ; nous avons déjà vu qu'elle se rapproche au point de vue chimique des tufs microgranulitiques, notamment par la teneur assez élevée (19 °/₀) des plagioclases en anorthite ; l'analyse micrographique m'a donné, par l'utilisation des procédés optiques habituels, une teneur comprise entre 15 et 37 °/₀ d'An.

On remarquera une fois de plus, combien l'analyse chimique est facile, dans ces séries, à contrôler avec les résultats de l'examen optique. Nous ne trouvons, à côté de l'orthose abondant, de plagioclases sensiblement chargés en anorthite que dans les microgranulites (route de Luzy au Grand-Marié 37 0/0d'An., Mou-

lins-Engilbert, plagioclases zonés, 28 à 37 0/0 d'An.), et dans les tufs microgranulitiques. Ni les orthophyres, ni les albitophyres, ni même le granite de Luzy, qui est franchement albitique, ne nous en ont présenté. Quant aux diorites, nous savons que ce sont des roches qui se sont chargées de calcaire.

Porphyre pétrosiliceux de Mont-Chérus. — II

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	30.2							K	5
Ab. .	27.9	x °/₀ = 5.1	I	Classe Persalane	Φ = 3.6	V	granito-dioritique	N	4
An. .	0.5							C	0
								Ssal	78
F . .	58.6								
Q . .	33.7	y = 1.8	IV	Ordre Britannare	r = 1.7	V	méga-potassique		
a . .	2.2							F	20
								M	35
Sal .	94.5	z = 201	I	Rang Liparase	Ψ = 0.56	I	magnésien	C'	0
x . .	5.1							Sx	39
Total.	99.6	r = 1.7	III	Subrang Liparose	U = 10	III	micro-calcique		
An 0/0	1.8								

Le porphyre pétrosiliceux de Mont-Chérus est une *Liparose*, à fumerolle *granito-dioritique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. Elle ne contient, pour ainsi dire, pas d'anorthite et se rapproche par là de la composition du granite de Luzy, bien plutôt que de celle des microgranulites passant aux microgranites Aussi bien l'examen micrographique n'y décèle que de l'orthose et de l'albite en grands cristaux vitreux, avec du quartz bipyramidé dans un magma fluidal, présentant de petits sphérolites à croix noires et quelques microlithes d'orthose.

Porphyre pétrosiliceux (Le Chandelier). — I

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. .	29.0							K	5
Ab. .	19.4	x °/₀ = 6.0	I	Classe Persalane	Φ = 4.5	V-VI	tonalitique, granito-dioritique	N	2
An. .	0.5							C	0
								Ssal	80
F . .	48.9								
Q . .	41.9	y = 1.2	III	Ordre Columbare	r = 2.2	V	méga-potassique		
a . .	2.7							F	34
								M	25
Sal .	93.5	z = 16.7	I	Rang Alaskase	Ψ = 1.4	I	magnésien	C'	0
x . .	6.0							Sx	30
Total.	99.5	r = 2.2	III	Subrang Alaskose	U = 20	III	micro-calcique		
An 0/0	2.5								

Le porphyre pétrosiliceux du Chandelier ressemble, en tous points, à celui de Mont-Chérus ; il est cependant beaucoup plus coloré en rouge foncé par une poussière d'hématite.

C'est une *Alaskose* à fumerolle *granito-dioritique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. Le magma est donc tout à fait analogue à celui du porphyre de Mont-Chérus et si le nom américain diffère, c'est parce qu'on se trouve, pour le porphyre de Mont-Chérus, dans l'Ordre n° IV, Britannare (1. 8) très voisin de l'Ordre n° III, Columbare (1. 2), du porphyre du Chandelier. Ce porphyre de Mont-Chérus est presque identique au granite de Luzy qui, comme nous l'avons vu, est une *Alaskose*, *granito-dioritique*, *méga-potassique*, *magnésienne*, *micro-calcique*.

On voit donc que, bien que les porphyres pétrosiliceux succèdent immédiatement aux microgranulites, leur magma n'est pas tout à fait identique. L'identité ou, tout au moins, la grande analogie existe entre les tufs microgranulitiques et les microgranulites, entre les porphyres pétrosiliceux et le granite fondamental. Il semble que la montée des microgranulites ait été précédée d'un enrichissement du magma, encore fluide, en chaux ; tandis que les bouches de sortie des porphyres pétrosiliceux paraissent en relation avec des laccolithes profonds, identiques de composition avec le granite.

Lamprophyres. — M. Rosenbusch a appelé lamprophyres des roches de filons, riches en éléments ferro-magnésiens, dont la teneur en alcalis dépasse la proportion que nous sommes habitués à trouver dans les roches basaltiques de même basicité. A proprement parler, la première description pétrographique soignée d'une pareille série est due à Boricky ; il a étudié, en Bohême dès 1878 une série de filons dans lesquels, à côté de la biotite abondante et de l'orthose authentique, il a pressenti l'existence de cristaux d'olivine ; il les a appelés Glimmerpikrophyr. Peu de temps après, M. Michel-Lévy a décrit, sous le nom de porphyrites micacées et de mélaphyres, les roches analogues du Morvan ; il les a rapprochées, à juste titre, des minettes de Commentry et des porphyres trappéens des Cévennes. Les expériences de reproduction artificielle de MM. Fouqué et Michel-Lévy (fusion par parties égales de biotite et de microcline donnant une leucitite à olivine) et les observations sur le terrain de M. Iddings démontrant que, dans l'Absaroka, les filons de lamprophyres micacés correspondent à des coulées de roches à feldspathides, ont prêté une grande importance théorique à toute cette série.

D'une part, dès les premiers travaux de M. Michel Lévy, il a été démontré que M. Rosenbusch avait tranché avec trop de précision entre les roches exclusivement filoniennes et les roches d'épanchement ; d'autre part, la parenté des roches à feldspathides (épanchement) avec les orthophyres micacés (demi-profondeur), ouvrait des voies nouvelles aux considérations théoriques sur les différenciations et sur la liaison entre la nature chimique des magmas et les minéraux qui peuvent s'y développer.

Je n'ai pas à ajouter de grands détails aux déterminations minéralogiques que l'on doit à M. Michel-Lévy [30] Néanmoins, j'ai cru devoir étudier quelques-

uns des lamprophyres si curieux du Morvan et du Plateau central. On sait qu'à la suite des travaux théoriques de M. Rosenbusch, il y a lieu de les considérer comme provenant de la différenciation du magma du granite (spaltung), dans le sens de ses éléments basiques.

Les analyses, que je dois à M. Pisani, nous confirmeront dans cette idée théorique ; elles nous montreront en outre que les lamprophyres du Morvan ne sont pas capables de donner, par fusion, des roches à feldspathides, parce qu'elles contiennent trop de silice latente (Φ très grand). Par ailleurs, les autres caractères des lamprophyres sont bien confirmés : assez grande richesse en éléments ferro-magnésiens (25 0/0 en moyenne), grande richesse en alcalis et principalement en potasse.

Comme M. Michel-Lévy, je distinguerai les roches lamprophyriques d'épanchement qui s'échelonnent sur le bord Nord du bassin d'Autun (basaltes orthosiques et labradoriques) et les lamprophyres en filons minces (orthophyres micacés).

a) *Lamprophyres d'épanchement.* — On trouvera p. 224, XVI, l'analyse du lamprophyre de Morgelle près Epinac. Voici le tableau paramétrique de cette roche :

Lamprophyre (Morgelle près Epinac). — XVI

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	21.9							K	5
Ab.	22.9	x o/o = 21.7	II	Classe Dosalane	Φ = 3.1	IV	alcalino-granitique	N	4
An	20.3							C	6
								Ssal	65
F	65.1								
Q	10.3	y = 6.3	IV	Ordre Austrare	r = 1.4	V	méga-potassique		
Sal	75.4							F	30
x	21.0	z = 3.7	III	Rang Tonalase	Ψ = 1.1	I	magnésien	M	25
								C'	4
Total	96.4	r = 1.4	III	Subrang Harzose	U = 1.3	II	méso-calcique	Sx	34
An 0/0	47								

Ce lamprophyre est donc une *Hartzose*, à fumerolle *alcalino-granitique. méga-potassique*, à scorie *magnésienne et méso-calcique*.

L'analyse microscopique y décèle de grands cristaux de péridot, de pyroxène et d'hypersthène, des microlithes de plagioclases (45 à 46 0/0 d'An. = Labrador) et d'augite. Les microlithes d'orthose doivent exister ; ils nous ont échappé.

L'hypersthène est un minéral nouveau pour les lamprophyres d'épanchement du Morvan. Il n'a pas été signalé par mes devanciers.

L'analyse nº XXII (p. 224) est celle du lamprophyre des Pelletiers (en haut) près Reclesne.

Lamprophyre (Les Pelletiers en haut). — XXII.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	20.1							K	5
Ab.	19.4	x°/₀ = 28.8	II	Classe Dosalane	Φ = 2.8	III	Syénitique	N	3
An.	23.3							C	8
								Ssal	60
F	62.8	y = 20	V	Ordre Germanare	r = 1.5	V	méga-potassique		
Q	3.2								
Sal	66.0	z = 2.9	III	Rang Andase	Ψ = 0.8	I	magnésien	F	24
x	27.4							M	30
								C'	1
Total	93.4	r = 1.5	III	Subrang Shoshonose	U = 1.2	II	méso-calcique	Sx	36
An 0/0	54								

C'est un lamprophyre d'épanchement qui porte le nom américain de *Shoshonose* ; son magma est à fumerolle *syénitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne* et *méso-calcique*. L'anorthite doit entrer pour 54 °/₀ dans les plagioclases.

L'examen microscopique nous montre des phénocristaux d'olivine et de pyroxène (ceux-ci, souvent mâclés en croix et présentant quelquefois la structure en sablier), des microlithes d'orthose, de labrador à 60 °/₀ d'An., d'augite et de biotite peu abondante.

Ainsi les lamprophyres d'épanchement des bords du bassin d'Autun sont des basaltes orthosiques et labradoriques, augitiques et biotitiques, à grands cristaux de péridot, de pyroxène et d'hypersthène ; la grande richesse en alcalis, et notamment en potasse, se décèle, dans cette composition minéralogique, par la curieuse association de microlithes d'orthose abondants et de labrador.

J'ai demandé à M. Pisani une troisième analyse d'un lamprophyre d'épanchement, également des Pelletiers, recueilli dans la carrière de la base de la butte (p. 224, n° XXV).

Lamprophyre (Les Pelletiers en bas). — XXV.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	32.6						alcalino-		
Ab.	9.3	x°/₀ = 30.1	II	Classe Dosalane	Φ = 2.3	II III	syénitique syénitique	K	9
An.	16.9							N	3
								C	6
F	58.8	y' = 23	V	Ordre Germanare	r = 3.2	VI	per-potassique	Ssal	58
N	2.6								
Sal	61.4	z = 4.7	III	Rang Andase	Ψ = 1.1	I	magnésien	F	25
x	27.1							M	23
								C'	8
Total	88.5	r = 3.2	II	Subrang Auruncose	U = 1.1	II	méso-calcique	Sx	35
An0/0	63								

On remarquera que ce tableau tient compte de toute la chaux comme si la majeure partie de cette chaux n'existait pas à l'état de carbonate. C'est une *Auruncose* à fumerolle *syénitique*, *per-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. Elle diffère peu de la précédente roche (analyse nº XXII), à condition que l'on considère la calcite comme formée sur place aux dépens des éléments de la roche. En réalité, on voit que l'attaque secondaire de ce lamprophyre a consisté à diminuer encore sa teneur en soude et en chaux.

b) *Lamprophyres en filons minces.* — J'ai choisi deux lamprophyres en filons minces, aussi épargnés que possible par les actions secondaires.

Lamprophyre de Charmes au S. de Bourbon-Lancy (p. 224, nº XVII).

Lamprophyre (Charmes) — XVII.

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 28 4 Ab. . 16.1 An. . 12.4	$x°/_0 = 22.8$	II	Classe Dosalane	$\Phi = 3.2$	IV	alcalino-granitique	K 6 N 2 C 3 S_{sal} 66
F . . 56.9 Q . . 13.3 a . . 2.2	$y = 4.2$	IV	Ordre Austrare	$r = 2.5$	V-VI	méga-/per- potassique	
Sal . 72.4 x . . 21.6	$z = 6.1$	II	Rang Dacase	$\Psi = 0.9$	I	magnésien	F 27 M 32 C' 0 S_x 34
Total . 94.0 An 0/0 44	$r = 2.5$	II-III	Subrang Adamellose	$U = 2.4$	III	micro-calcique	

Ce lamprophyre de Charmes est une *Dacase*, *Adamellose* ; son magma est à fumerolle *alcalino-granitique*, *méga-potassique*, à scorie *magnésienne*, *micro-calcique*. L'examen microscopique nous a montré des phénocristaux de biotite dans un magma à microlithes d'orthose et de biotite abondants. C'est donc un orthophyre micacé typique.

Lamprophyre sous Chindo près Néronde, Loire (p. 224, nº XIX).

Lamprophyre (Chindo près Néronde). — XIX.

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	24.9	x °/° = 25.5	II	Classe Dosalane	Φ = 3.8	V	granito-dioritique	K	6
Ab.	10.2							N	2
An.	16.9							C	5
								Sal	14
F	52.0	y = 3.7	IV	Ordre Austrare	r = 3.5	VI	per-potassique	F	26
Q	14.2							M	31
a	2.5							C'	0
Sal	68.7	z = 3.5	III	Rang Tonalase	Ψ = 0.83	I	magnésien	Sx	36
x	23.8								
Total	92.5	r = 3.5	II	Subrang x	U = 1.8	II	méso-calcique		
An 0/0	62								

Ce lamprophyre est une *Tonalase* ; son magma est à fumerolle *granito-dioritique, per-potassique*, à scorie *magnésienne, méso-calcique*. Elle s'écarte donc sensiblement des types précédents, surtout par sa très grande richesse en potasse.

L'analyse micrographique m'a montré des phénocristaux de biotite et de pyroxène, chloritisés et calcifiés, des microlithes d'orthose et d'un plagioclase calcifié, indéterminable, que l'analyse chimique montre riche en anorthite (environ 62 0/0), et de mica noir.

En résumé, les lamprophyres du Morvan et du Plateau Central comportent des roches d'épanchement, qui sont des basaltes principalement orthosiques, et des roches de filon qui sont des orthophyres et des porphyrites micacées. Mais la constatation la plus importante est que ces roches sont très riches en potasse (en moyenne méga-potassique avec $r = 2.1$) et que le paramètre Φ d'acidité latente atteint en moyenne 3.1, c'est-à-dire exactement la valeur des magmas alcalino-granitiques. Ce sont bien les paramètres que devaient avoir les lamprophyres du granite de Luzy et des granites similaires.

Résumé relatif aux roches éruptives. — Le tableau (p. 268) résume les données chimiques des principales *séries* de roches éruptives que nous avons étudiées. J'ai rangé la première partie de ce tableau par ordre d'âge, en commençant par les roches plus anciennes. Il saute aux yeux que la série albitophyrique famennienne, qui est per-sodique, ne peut, en aucune façon, être comparée aux autres roches, qui sont toutes méga-potassiques. Je laisse donc les albitophyres de côté et, considérant la très grande parenté des magmas étiquetés II à VI, j'en ai fait la moyenne (roche moyenne des nos II à VI). Cette roche moyenne a les mêmes paramètres magmatiques que le granite de Luzy. Elle est moins acide (66 0/0 de silice au lieu de 72), en partie parce que j'ai omis les granulites dont je dois poursuivre et compléter l'étude, en partie aussi parce qu'il n'a pas été tenu compte de la proportion relative de chacune des séries composantes.

Je n'ai pas tenu compte non plus des diorites et porphyrites amphiboliques, parce que ces roches sont, pour moi, le résultat très localisé de la dissolution de calcaires dans le granite. Ces réserves faites, il me paraît remarquable que l'application des nouvelles méthodes magmatiques de M. Michel-Lévy ait permis, dans une série de roches anciennes qui sont partiellement très décomposées, une reconstitution aussi approchée de la roche mère.

Les groupements, dont il a été question plus haut, sautent aux yeux dans ce tableau. Les brèches de la Vieille Montagne et les orthophyres ont des paramètres magmatiques presque identiques. Les tufs microgranulitiques et les microgranulites également. Pour ces deux groupes de séries, les noms américains sont entièrement identiques.

Pour permettre une étude encore plus détaillée de ces comparaisons, je joins à ce résumé les tableaux paramétriques des moyennes obtenues en additionnant dans chaque série les chiffres des analyses de M. Pisani et divisant les totaux par le nombre d'échantillons analysés.

Diorites et porphyrites amphiboliques.

	x °/₀	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Cressy XX. . .	19.8	1.1	4.9	7.8	21.1	7.5	3.3	1.0	50.4	
Chanaud XVIII .	24.4	1.6	3.3	7.2	17.3	8.7	4.5	1.4	54.5	
Anost XXI . .	26.5	1.6	2.3	8.6	19.4	7.6	7.1	0.6	50.2	
Total des 3 . .	70.7	4.3	10.5	23.6	57.8	23.8	14.9	3.0	155.1	
Moyenne . . .	23.5	1.4	3.5	7.9	19.3	7.9	4.9	1.0	51.7	97.6

Roche moyenne des Diorites et Porphyrites amphiboliques

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 8.3 Ab. . 29.6 An. . 32.2	x °/₀ = 23.5	II	Classe Dosalane	Φ = 3.3	IV	alcalino-granitique	K 2 N 5 C 9 Ssal 59
F . . 70.1 Q . . 4.5	y = 15	V	Ordre Germanare	r = 0.4	III	méso-sodique	F 34 M 22 C' 6 Sx 33
Sal . 74.6 x . . 22.9	z = 2.1	III près IV	Rang Andase	ψ = 1.6	II	magnésien-ferrique	
Total. 97.5 An 0/0 52	r = 0.4	IV	Subrang Andose	U = 1.0	I-II	méga- / méso- calcique	

Albitophyres

	x °/₀	k	n	c + c′	a	f	m	T	s	Total
Sous Recoulon XIV	16 7	0.5	6.2	1.4	17.6	5.7	4.4	0 9	61.1	
Sur les Berthelots XII	17.3	0.7	5.3	0.9	15.9	6.3	4.3	0.9	63.5	
En Mont XXIII .	24.8	0.3	4.8	5.0	18.2	10.8	4.7	1.5	49.6	
Moulin-du-Roi XXIV. . . .	25.3	0.9	5.2	6.0	16.6	8.5	3.7	1.7	48.3	
Total des 4 . .	84.1	2.4	21.5	13.3	68.3	31.3	17.1	5.0	222.4	
Moyenne . . .	21.0	0.6	5.4	3.3	17.1	7.8	4.3	1.2	55.6	95.3

Roche moyenne des Albitophyres

Calcul M. L.	Paramètres américains	Paramètres magmatiques	Triangles normaux
Or. . 3.5 Ab. . 45.7 An. . 16.4	x °/₀ = 19.8 II Classe Dosalane	Φ = 2.9 III près IV syénitique	K 1 N 7 C 4 Ssal 65
F . . 65.6 Q . . 9.4 a . . 1.7	y = 6.9 IV près V Ordre Austrare	r = 0.11 I per-sodique	F 41 M 22 C′ 0 Sx 29
Sal . 76.7 x . . 18.9	z = 5.3 III près II Rang Tonalase	Ψ = 1.8 II magnésien-ferrique	
Total. 95.6 An 0/0 26	r = 0.11 V Subrang x	U = 2.3 III micro-calcique	

Orthophyres obsidienniques et rhyolites

	x °/₀	k	n	c + c′	a	f	m	T	s	Total
Forge la Loge III	9.7	4.7	4.3	0.2	12.5	2.2	1.4	0.2	73.2	
Boucharin VII .	7.1	3.6	3.3	0.6	14.1	4.2	0.6	0.8	70.6	
Sous les Berthelots XIII . .	14.9	3.9	3.2	0.5	19.1	5.6	3.7	0.6	61.2	
Total des 3 . .	27.7	12.2	10.8	1.3	45.7	12.0	5.7	1.6	205.0	
Moyenne . . .	9.2	4.1	3.6	0.4	15.2	4.0	1.9	0.5	68.3	98.0

Roche moyenne des Orthophyres

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 24.3 Ab. . 30 4 An. . 2.0	x °/₀ = 9.2	I	Classe Persalane	Φ = 3.4	IV près V	alcalino-granitique	K 5 N 4 C 1 Ssal 74
F . . 56.7 Q . . 28.2 a . . 4.0	y = 2.0	IV	Ordre Britannare	r = 1.1	V	méga-potassique	F 44 M 21 C' 0 Sx 30
Sal . 88.9 x . . 9.0	z = 47	I	Rang Liparase	Ψ = 2.1	II	magnésien-ferrique	
Total. 97.9	r = 1.1	III	Subrang Liparose	U = 10	III	micro-calcique	
An 0/0 6							

Brèches orthophyriques

	x °/₀	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Descente 304 à Remilly, IX . .	8.5	5.4	3.7	0.4	15.9	2.6	2.4	0.5	66.7	
Cluze - Bardenne VI.	8.9	8.4	0.3	0	12.3	3.0	2.4	0.4	71.7	
Vieille-Montagne XV	15.3	2.8	4.7	1.3	18.5	5.4	3.8	1.0	59.6	
Total des 3. . .	32.7	16.6	8.7	1.7	46.7	11.0	8.6	1.9	198.0	
Moyenne	10.9	5.5	2.9	0.6	15.6	3.7	2 9	0.6	66.0	97.8

Roche moyenne des brèches orthophyriques

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 32.6 Ab. . 24.6 An. . 3.0	x °/₀ = 10.9	I	Classe Persalane	Φ = 3.1	IV	alcalino granitique	K 6 N 3 C 1 Ssal 71
F . . 60.2 Q . . 23.3 a . . 3.7	y = 2.6	IV	Ordre Britannare	r = 1.8	V	méga-potassique	F 35 M 27 C' 0 Sx 33
Sal . 87.2 x . . 10.7	z = 33	I	Rang Liparase	Ψ = 1.3	I	magnésien	
Total. 97.9	r = 1.8	III	Subrang Liparose	U = 6	III	micro-calcique	
An 0/0 1							

Tufs microgranulitiques

	x %	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Four Monté XI .	10.8	4.3	2.8	1.4	17.6	4.9	2.0	0.9	64.1	
Préneley X . .	10.8	4.7	3.0	2.7	16.1	3.7	2 9	0.6	65.2	
Total des 2 . .	21.6	9.0	5.8	4.1	33.7	8.6	4.9	1.5	129.3	
Moyenne . . .	10.8	4.5	2.9	2.0	16.8	4.3	2.4	0.7	64.7	98.3

Roche moyenne des tufs microgranulitiques

Calcul M. L	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or. . 26.6 Ab. . 24.6 An . 9.9	x % = 10.7	I	Classe Persalane	Φ = 3.5	IV-V	granito-dioritique	K N C Ssal	5 3 2 70
F . . 61.1 Q . . 23.3 a . . 3.4	y = 2.6	IV	Ordre Britannare	r = 1.5	V	méga-potassique	F M C' Sx	41 23 0 30
Sal . 87.8 x . . 10.5	z = 8.8	II	Rang Toscanase	Ψ = 1.8	II	magnésien-ferrique		
Total. 98.3 An 0/0 29	r = 1.5	III	Subrang Toscanose	U = 2.1	III	micro-calcique		

Porphyres pétrosiliceux

	x %	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Mont-Chérus II .	5.1	5.1	3.3	0.1	13.5	1.0	1.8	0.2	74.5	
Le Chandelier I.	6.0	4 9	2.3	0.1	12.0	2.0	1.5	0.7	76.0	
Total des 2 . .	11.1	10.0	5.6	0.2	25.5	3.0	3.3	0.9	150.5	
Moyenne . . .	5.5	5.0	2 8	0.1	12.7	1.5	1.6	0.5	75.3	99.5

Roche moyenne des porphyres pétrosiliceux

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	29.6							K	5
Ab.	23.8	x °/o = 5.4	I	Classe Persalane	Φ = 4.0	V	granito-dioritique	N	3
An.	0.5							C	0
								Ssal	77
F	53.9								
Q	38.0	y = 1.4	III	Ordre Columbare	r = 1.8	V	méga-potassique	F	27
a	2.5							M	29
								C'	0
Sal	94.4	z = 184	I	Rang Alaskase	Ψ = 0 9	I	magnésien	Sx	33
x	5.4								
Total.	99.8	r = 1 8	III	Subrang Alaskose	U = 15	III	micro-calcique		
An 0/0	2								

Lamprophyres

	x °/o	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Morgelle XVI.	21.7	3.7	2.7	4.9	15.8	6.2	5.4	1.5	56.1	
Charmes XVII	22.8	4.8	1.9	2.5	15.1	6.0	6.6	1.5	55.6	
Chindo (Néronde) XIX	25.5	4.2	1.2	3.4	15.2	6.1	7.4	1.6	53.0	
Les Pelletiers (haut) XXII.	28.8	3.4	2.3	5.5	16.2	6.7	8.3	1.5	49.7	
Les Pelletiers (bas) XXV	30.1	5.5	1.7	6.1	14.9	6.8	6.2	1.4	46.5	
Total des 5	128.9	21.6	9.8	22.4	77.2	31.8	33.9	7.5	260.9	
Moyenne	25.8	4.3	1.9	4.6	15.4	6.3	6.8	1.5	52.2	93.0

Roche moyenne des Lamprophyres

Calcul M. L.		Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux	
Or.	25.5							K	7
Ab.	16.1	x °/o = 25.0	II	Classe Dosalane	Φ = 3.1	IV près III	alcalino-granitique	N	3
An.	20.3							C	6
								Ssal	71
F	61.9	y = 8	V	Ordre Germanare	r = 2.1	V	méga-potassique	F	27
Q	7.6							M	29
Sal	69.5	z = 3.5	III	Rang Andase	Ψ = 0.9	I	magnésien	C'	2
x	23.4							Sx	35
Total.	92.9	r = 2.1	III	Subrang Shoshonose	U = 1.3	II	méso-calcique		
An 0/0	55								

Moyenne des roches moyennes de la série du granite de Luzy

Roches moyennes	x °/₀	k	n	c + c'	a	f	m	T	s	Total
Lamprophyres .	25.0	4.3	1.9	4.6	15.4	6.3	6.8	1.5	52.2	
Porphyres pétro-siliceux . . .	5.4	5.0	2.8	0.1	12.7	1.5	1.6	0.5	75.3	
Microgranulites.	6.8	4.9	4.0	1.9	14.8	2.3	1.6	0.3	69.5	
Tufs microgranulitiques . .	10.7	4.5	2.9	2.0	16.8	4.3	2.4	0.7	64.7	
Brèches orthophyriques . .	10.9	3.5	2.9	0.6	13.6	3.7	2.9	0.6	66.0	
Orthophyres . .	9.2	4.1	3.6	0.4	15.2	4.0	1.9	0 5	68.3	
Total des 6 roches	68.0	28.3	18.1	9.6	90.5	22.1	17.2	4.1	396.0	
Moyenne . .	11.3	4.7	3.0	1.6	15.1	3.9	2.9	0.7	66.0	97.2

Granite résultant des roches associées

Calcul M. L.	Paramètres américains			Paramètres magmatiques			Triangles normaux
Or. . 27.8 Ab . 25.4 An . 7.9	x °/₀ = 10.5	I	Classe Persalane	Φ = 3.5	V	granito-dioritique	K 5 N 3 C 2 Ssal 72
F . . 61.1 Q . . 23.7 a . . 2.1	y = 2.6	IV	Ordre Britannare	r = 1.6	V	méga-potassique	F 31 M 28 C' 0 Sx 33
Sal . 86.9 x . . 10.2	z = 11	II	Rang Toscanase	Ψ = 1.1	I	magnésien	
Total. 97.1 An 0/0 23	r = 1.6	III	Subrang Toscanose	U = 2.0	II-III	méso} calcique micro}	

En terminant, il est nécessaire de rappeler que la montée du granite est immédiatement postérieure à l'éruption des orthophyres tournaisiens ; les derniers poudingues tournaisiens contiennent des galets de ces orthophyres et sont localement métamorphisés par le granite. En revanche, les poudingues viséens contiennent des galets de granite.

Cette constatation place les tufs microgranulitiques comme immédiatement postérieurs à la mise en place du granite. On sait qu'ils sont percés par d'innombrables filons et dykes de microgranulite.

	CLASSIFICATION AMÉRICAINE				PARAMÈTRES MAGMATIQUES			
I Albitophyres (Famennien)	Dosalane	Austrare	Tonalase	X	syénitique	persodique	magnésien-ferrique	micro-calcique
II Orthophyres (Tournaisien)	Persalane	Britannare	Liparase	Liparose	alcalino-granitique	méga-potassique	magnésien-ferrique	micro-calcique
II Brèches orthophyriques (Tournaisien)	Persalane	Britannare	Liparase	Liparose	alcalino-granitique	méga-potassique	magnésien	micro-calcique
III Tufs microgranulitiques (Viséen)	Persalane	Britannare	Toscanase	Toscanose	granito-dioritique	méga-potassique	magnésien-ferrique	micro-calcique
IV Microgranulites (Post-Viséen, ante-Houiller	Persalane	Britannare	Toscanase	Toscanose	alcalino-granitique	méga-potassique	magnésien	méso-calcique
V Porphyres pétrosiliceux (Post-Viséen, ante-Houiller)	Persalane	Columbare	Alaskase	Alaskose	granito-dioritique	méga-potassique	magnésien	micro-calcique
VI Lamprophyres (Base du Permien)	Dosalane	Germanare	Andase	Shoshonose	alcalino-granitique	méga-potassique	magnésien	méso-calcique
Roche moyenne des nos II à VI	Persalane	Britannare	Toscanase	Toscanose	granito-dioritique	méga-potassique	magnésien	micro-calcique
Granite de Luzy	Persalane	Columbare	Alaskase	Alaskose	granito-dioritique	méga-potassique	magnésien	micro-calcique
Diorites et porphyrites amphiboliques	Dosalane	Germanare	Andase	Andose	alcalino-granitique	mésosodique	magnésien-ferrique	méga-calcique

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans les pages qui précèdent, j'ai cherché à coordonner les faits recueillis par mes prédécesseurs et ceux nouvellement découverts sur les terrains paléozoïques de la région qui s'étend entre le Nord du Morvan et les premières strates micaschisteuses et gneissiques du Lyonnais, c'est-à-dire de l'extrémité septentrionale des Cévennes.

Le pays, ainsi étudié, se subdivise, au point de vue géographique, en deux régions très nettement distinctes l'une de l'autre : au Nord, le Morvan, massif montagneux très érodé, dont les altitudes sont généralement comprises entre 400 et 600 m. et ne dépassent pas 902 m. (la Brulée); au Sud, la partie N. E. du Plateau Central, comprenant le Forez, les monts du Mâconnais, du Beaujolais, du Lyonnais et le seuil rocheux de la Loire entre les bassins tertiaires de Roanne et de Montbrison ; ce dernier ensemble atteint des altitudes variant entre 500 et 1.600 m.

Ces deux régions montagneuses sont séparées par une zône, rendue plus basse par une érosion plus facile et aussi par des affaissements d'âges variés, présentant des altitudes voisines de 300 m. ; elle forme le seuil entre la vallée du Rhône et celle de la Loire et coïncide avec un géosynclinal rempli postérieurement aux premiers grands plissements hercyniens, celui de Blanzy Bert, stéphanien et permien.

Le Morvan apparaît donc comme un horst primaire, s'abaissant lentement vers le Nord et vers l'Est, subdivisé dans sa longueur en deux voussoirs qui ont joué l'un par rapport à l'autre, le voussoir occidental nettement surélevé et le voussoir oriental qui porte encore sur ses sommets des esquilles jurassiques.

L'extrémité septentrionale du Plateau Central se compose de deux chaînes montagneuses paléozoïques N.-S., séparées par l'enfoncement tertiaire de la Loire, sauf, cependant, au Sud de Roanne où un seuil de terrains également paléozoïques les relie.

Histoire de la sédimentation. — Au point de vue stratigraphique, j'ai montré que l'histoire de la sédimentation, aux temps paléozoïques, paraît avoir été la même ou, du moins, très semblable dans ces deux régions. Leur emplacement correspond en effet au centre du vaste géosynclinal ante-hercynien qui devait s'étendre, en largeur, depuis les Ardennes belges et françaises jusqu'au-delà de la Montagne Noire et des Pyrénées. Les systèmes huronien et calédonien et leur métamorphisme accompagnateur et, plus tard, le système hercynien et son métamorphisme ont complètement effacé les sédiments antérieurs à ceux dépo-

sés par la mer frasnienne et les ont transformés en gneiss. Dans les vastes régions exclusivement granitiques, nous ignorons si les terrains inférieurs au Frasnien ont jamais existé. Aussi est-il impossible de faire aucune supposition ni sur les faciès des dépôts antérieurs au Frasnien et par conséquent sur les périodes de régression et de transgression de la mer dans la région du géosynclinal qui nous occupe, avant l'époque frasnienne, ni sur les phénomènes orogéniques et épirogéniques qui ont pu s'y manifester. Il faut se borner à n'entreprendre l'histoire de la sédimentation, dans le Morvan et le Nord du Plateau Central, qu'à partir de l'époque frasnienne où elle commence seulement.

Indications fournies par le substratum sur l'existence de géosynclinaux antérieurs — Ces premiers sédiments, partiellement conservés, reposent généralement sur du granite qui les a métamorphisés et souvent profondément digérés ; le granite forme des massifs dont l'extension, très considérable, l'emportant de beaucoup sur l'extension des terrains paléozoïques conservés, prouve le degré d'érosion auquel est arrivée la chaîne montagneuse armorico-varisque dans la partie étudiée ; et c'est là un puissant argument pour dire que l'on est en pays de racines ; les nappes, s'il y en a eu, ont été depuis longtemps balayées par l'érosion sauf, peut-être, dans des endroits d'élection tels que les géosynclinaux relativement récents qui ont reçu les dépôts stéphaniens et permiens inférieurs.

Ces massifs granitiques, toujours auréolés de métamorphisme, affectent, dans leur ensemble, la direction des premiers plissements hercyniens ; c'est un argument pour penser que la mise en place de leur magma est contemporaine de ces premiers plissements et ne doit pas être attribuée à un système de montagnes antérieur. Cette observation est certainement exacte pour le granite de Château Chinon ; elle paraît se vérifier également pour les massifs granitiques et granulitiques de Lormes et de Saulieu, pour celui de Luzy, pour le granite du Charollais, enfin pour celui d'Ancis et d'Odenas ; tous ces massifs sont, en effet, en lentilles plus ou moins élargies, dont les directions sont N. E. comme celles des plissements varisques qu'ils transpercent ; les prises en écharpe des couches par le granite, analogues à celle que l'on observe sur la bordure occidentale du massif de Luzy, sont à angle très aigu et ne paraissent dûes qu'à des abaissements ou à des élévations locales des axes des plis. Dans l'ensemble, les aires granitiques correspondent aux aires surélevées du géosynclinal et les plis gneissiques et paléozoïques aux aires abaissées.

Les premiers sédiments reposent quelquefois, non plus sur du granite, mais sur des gneiss ou, du moins, sur des couches très gneissifiées, d'âge indéterminé. Je n'ai observé cette dernière superposition que dans les coupes relevées entre Tarare et Néronde, dans le Lyonnais et la Loire, au S. O. du faisceau synclinal de la Loire. De légères discordances peuvent alors être relevées entre les dernières strates que je crois dévoniennes (cornes vertes, diorites et porphyrites amphiboliques) et les couches gneissifiées (S. E. de Montmain). D'aussi faibles discordances peuvent n'être dûes qu'à des transgressions ou à des décollements lors des plissements ; rien n'autorise, par conséquent, à affirmer que l'on soit en présence de gneiss plus ancien, d'origine algonkienne ou silurienne.

Au milieu des massifs granitiques et granulitiques, on rencontre d'autres bandes gneissiques, celles-ci tout à fait indépendantes des premiers niveaux paléozoïques datés. La plupart (bande gneissique de Chastellux, Rouvray, gneiss du Donjon, de Palinges et de Mont-Saint-Vincent, gneiss de St-Symphorien-sur-Coise, Vaugneray) affectent une direction N. E. à peu près parallèle à celle des plis varisques. Par contre, la bande gneissique de Marmagne, au S. O. du plateau d'Antully, qui apparaît au milieu de la granulite du massif de Luzy, dont l'orientation générale est varisque (N. E.), emprunte à la direction perpendiculaire (N. O.) de ses couches et des amphibolites qu'elle contient, un caractère spécial.

Ainsi, nulle part le substratum ne montre de sédiments datés, antérieurs au Frasnien et par conséquent au géosynclinal antehercynien.

1° *Dévonien supérieur.* — C'est à la jonction des plis du Morvan, du massif granitique de Luzy et du géosynclinal permien de Blanzy-Bert que se rencontrent les niveaux du Dévonien supérieur et du Dinantien, groupés en une série continue et assez respectés par le métamorphisme, les plissements et l'érosion, pour m'avoir permis une étude stratigraphique détaillée. J'ai suivi ces niveaux depuis la Loire, près de Diou, Gilly, et de Bourbon-Lancy, jusqu'aux environs de Luzy et de Saint-Honoré vers le Nord. Ils appartiennent au faisceau synclinal du Morvan qui est compris entre les deux aires granitiques de surélévation de Luzy et de Lormes. Ils se retrouvent à un état de conservation bien moins parfait dans d'autres parties du Morvan et de la Loire.

a). *Frasnien.* — Le Frasnien apparaît à Diou et à Gilly sous la forme d'une lentille de calcaire blanc bleuâtre, affleurant au niveau de la Loire et se terminant par des bancs dolomitiques. Les fossiles y sont abondants ; à côté de nombreux Polypiers (*Heliolites porosa* Goldf., *Streptastrea longiradiata* Sandb., etc.) et de Stromatopores (*Stromatopora concentrica* Goldf.), on y rencontre des Brachiopodes (*Spirifer Verneuili* Murch., *Orthis striatula* Schloth., *Atrypa reticularis* Linn., *Atrypa aspera* Schloth., *Rhynchonella cuboïdes* Sow., etc.) et plus rarement des Trilobites (*Phacops* cf. *fecundus* Barr. mut. *supradevonica* Frech). Cette faune, où les Brachiopodes coexistent avec d'abondants polypiers, indique un faciès néritique et récifal.

On a vu que ce niveau des calcaires frasniens ne se retrouve nulle part ailleurs à l'état fossilifère, mais qu'il paraît représenté soit par des calcaires marmorisés (Fontête, Champrobert, Le Puits, St Léon), soit par des granites à amphibole (Châtel Perron, Ancis) accompagnés de nombreuses diabases, diorites et porphyrites amphiboliques et par des cornes vertes, nées par endomorphisme et exomorphisme du granite (Château-Chinon, Cressy-sur-Somme, Beaujolais, Mâconnais, Loire, Allier) ; j'ai pu dater ces phénomènes si intéressants d'endomorphisme et les attribuer à la transformation des calcaires dévoniens.

Si l'on admet cette assimilation des roches dioritiques aux calcaires frasniens endomorphisés, justifiée par de nombreuses coïncidences, on est, dès lors, conduit à attribuer au Frasnien une grande extension dans le Morvan et le Nord du Plateau Central ; sa présence est en effet mise en évidence à la base de tous les

affleurements de terrains paléozoïques de ces régions (roches désignées localement sous le nom de *pierres des fées* dans le Beaujolais, la Loire et l'Allier). Cette succession si constante prête un appui formel à l'assimilation que j'ai proposée.

b) *Famennien.* — Au-dessus des calcaires dolomitiques qui terminent les niveaux frasniens à Diou et à Gilly, s'étagent des schistes famenniens, gris verdâtre, psammitiques, généralement très fins, contenant d'abord un petit Ostracode du genre *Beyrichia*, puis, à leur partie supérieure, la faune à Goniatites, à Clyménies et à Cypridines que j'ai découverte aux environs de Bourbon-Lancy (gisement du Moulin-du-Roi, sur la route de Perrigny); cette faune contient principalement des Céphalopodes, Orthocères, Goniatites et Clyménies (*Pseudoclymenia Sandbergeri* Frech, *Chiloceras* sp., *Meneceras* sp., *Oxyclymenia* cf. *striata* Gümb., *Gonioclymenia*, cf. *pessoïdes* L. V. Bush, *Gonioclymenia* cf. *plana* Mstr.), des Trilobites (*Phacops* aff. *cryptopthalmus* Emm., *Dechenella* cf. *pusilla* Gür.), des Ostracodes (*Entomis serratostriata* Sandb.) et, plus rarement, des Brachiopodes (*Chonetes* sp., *Orthis* sp.), des Gastéropodes (*Loxonema* sp., *Hyolites* sp.) et quelques Lamellibranches (*Nucula*).

Ces schistes fins, riches en Céphalopodes, paraissent caractériser un faciès bathyal, au sens de M. Haug; ils couvrent de grandes surfaces comme je l'ai montré entre la Loire, Bourbon-Lancy et la vallée de l'Alène ; leur épaisseur peut être considérable.

Des coulées d'albitophyres et des tufs de ces mêmes roches apparaissent interstratifiés à la partie supérieure des schistes famenniens, faisant présager une période d'exondation qui va coïncider avec le début du Dinantien. Les affleurements d'albitophyres et de tufs albitophyriques sont particulièrement abondants dans la vallée du Vezon, au Nord de Charmes et dans les vallées du Fontête et du Perrigny, sur la rive droite de la Loire

Dans les autres régions du Morvan et dans le Nord du Plateau central, le Famennien est représenté par des schistes, généralement métamorphisés qui succèdent aux niveaux dioritiques et sont inférieurs aux grès et poudingues du Dinantien.

2° *Carbonifère marin. — Dinantien.*

a) *Tournaisien.* — Le Tournaisien débute dans le Morvan, aux environs de Bourbon-Lancy et dans la région de Saint-Seine, Avrée, où il est fossilifère, par des niveaux de grès à plantes et de poudingues à galets de quartzites, de grès, de lydiennes et d'albithophyres (carrières de Ternant) qui dénotent une première période d'émersion de la mer. C'est également le cas dans le Nord du Plateau Central (environs de Tarare et de Montagny).

Les poudingues de base, souvent métamorphisés par le granite, se sont montrés parfois riches en amphiboles (Mont Beuvray, Saint-Clément près Tarare), qui proviennent de galets calcaires dévoniens.

La première période d'émersion de la mer, ainsi mise en évidence, paraît avoir été d'assez longue durée, à en juger par l'épaisseur des cordons littoraux qui lui correspondent (Ternant dans le Morvan, l'Ardoisière et Ferrière dans

l'Allier) ; mais elle n'a pas été également continue partout ; plusieurs intercalations de niveaux gréseux et schisteux indiquent des interruptions dans cette période, avec réinvasions locales de la mer ; c'est le cas dans le Morvan (Savigny-Poil-Fol et Ternant) et dans la Loire (environs de Montagny). La région où cette émersion tournaisienne s'est manifestée avec le plus de continuité et le plus longtemps est la partie Ouest du faisceau synclinal de la Loire ; celle où elle paraît avoir été de plus courte durée est la partie Est de ce même faisceau.

A cette première régression dans le géosynclinal fait suite une transgression marine de courte durée qui paraît embrasser le sommet du Tournaisien et le début du Viséen Des schistes gréseux fossilifères se sont, en effet, accumulés sur une assez forte épaisseur aux environs de Saint-Seine, de Savigny Poil-Fol et d'Avrée, au-dessus des poudingues de Ternant, dans le Morvan ; ils contiennent une faune marine nettement tournaisienne avec prédominance de Bryozoaires, de Crinoïdes, de Brachiopodes, de Gastéropodes et de Lamellibranches. Les fossiles, qui s'y montrent particulièrement abondants, sont *Fenestella plebeia* M'Coy, *Glauconome pulcherrima* M'Coy, *Archæocidaris Nerei* Mstr., *Actinocrinus* sp. et *Poteriocrinus* sp., *Productus semireticulatus* et *scabriculus* Mart., *Chonetes variolata* d'Orb., *Orthotetes crenistria* Phill., *Rhypidomella Michelini* Lév., *Spirifer tornacencis* et *Rœmerianus* Kon., *Spiriferina peracuta* Kon., *Martinia lineata* Mart., *Athyris Roissyi* Lév., *Rhynchonella acutirugata* Kon., *Loxonema acutum* Kon., *Portlockia pygmæa* Kon., *Schizostoma crateriforme* Kon., *Sanguinolites inconspicuus* Kon., *Parallelodon bistriatus* Portl., *Leiopteria* sp. Des Crustacés se rencontrent également et parmi eux des Ostracodes (*Entomis* sp. *Bairdia* sp.) et des Trilobites (*Phillipsia* cf. *substruncatula* D. P. Œhl., *Pillipsia Derbyensis* Mart., *Brachymetopus Duponti* Jul.). Cette faune, riche surtout en Spiriferidés, en Rhynchonellidés et en petites espèces de Productidés, se rencontrant dans des niveaux schisto-gréseux mais jamais calcaires, caractérise un faciès néritique d'eaux peu profondes ; l'abondance particulière des Lamellibranches et des Gastéropodes, en certains gisements nouvellement découverts (Saint-Seine, Apussy), indique une grande proximité des rivages.

On a vu qu'il existe à la Forge de la Loge une espèce de Trilobite (*Phillipsia Derbyensis* Mart.), considérée jusqu'ici comme particulière au Viséen ; elle paraît indiquer des niveaux de passage entre le Tournaisien et le Viséen.

Des épanchements d'orthophyres obsidienniques et perlitiques, accompagnés de tufs et de brèches, sont intercalés dans les dépôts côtiers du Tournaisien du Morvan. Les brèches éruptives de cet âge, transformées par silicification secondaire, étaient restées jusqu'alors méconnues, malgré leur grande extension en certains endroits (Vieille Montagne près de St-Honoré, auberge de Bar-le-Régulier).

b) *Viséen*. — Alors que la mer, au début du Viséen, paraît se retirer assez rapidement dans la partie méridionale du Morvan où elle n'a déposé que quelques niveaux schisteux à faune transitoire (Forge de la Loge près St-Seine), elle subsiste par contre, quelque temps encore, dans un chenal Est-Ouest, au

Nord de Château-Chinon (Cussy et l'Huis-Prunelle) et dans la Loire et l'Allier où elle paraît même s'approfondir quelque peu.

Les dépôts viséens marins dans le Nord du Morvan, la Loire et l'Allier, se rencontrent sous la forme de bancs calcaires, gris ou noirs, en lentilles discontinues, intercalés dans des schistes ou dans des grès arkosiens. La faune y est riche en Crinoïdes, en Brachiopodes, en Gastéropodes et Lamellibranches viséens ; je signalerai quelques espèces caractéristiques : *Phillipsia Eichwaldi* Fisch., *Productus giganteus* Mart., *Prod. corrugatus* d'Orb., *Prod. semireticulatus* Mart., *Prod. pustulosus* Phill, *Prod. punctatus* Mart., *Chonetes papilionacea* Phill., *Chonetes Comoïdes* Sow., *Chonetes Dalmaniana* de Kon., *Spirifer duplicicosta* Phill., *Spirifer bisulcatus* Sow., *Martinia glabra* Mart., *Martinia lineata* Mart.

Les grandes espèces de Productidés, les grands *Chonetes*, un Trilobite spécial (*Phillipsia Eichwaldi* Fisch.) différencient nettement cette faune de celle du Tournaisien. J'y ai découvert en outre d'abondants Foraminifères (*Endothyra*, *Valvulina*, *Trochammina*, etc.) que le microscope m'a permis de déceler dans tous les gisements viséens du Morvan, de la Loire et de l'Allier, et même dans le gisement d'Evaux dans la Creuse.

Le faciès néritique reste certain pour le Viséen comme pour le Tournaisien ; mais il devient calcaire dans le Viséen que caractérise plus particulièrement le dépôt d'une véritable boue à Foraminifères.

La régression définitive de la mer, qui succède à cette dernière transgression du sommet du Tournaisien et de la base du Viséen, paraît avoir été relativement brusque ; elle est marquée en effet par le dépôt de poudingues à gros éléments, souvent bréchiformes, qui ne sont séparés des derniers niveaux calcaires que par des bancs gréseux et arkosiens peu épais (environs de Montagny, Régny, Néronde).

Il est intéressant de rappeler ici, au point de vue de l'histoire générale de cette région, que le métamorphisme du granite a modifié, comme je l'ai démontré, tous les niveaux inférieurs au Tournaisien et le Tournaisien lui-même, sans avoir nulle part atteint la base du Viséen. C'est durant l'enfoncement géosynclinal correspondant à la transgression marine du sommet du Tournaisien et de la base du Viséen que le métamorphisme des dernières strates tournaisiennes est devenu possible sous les premiers dépôts du Viséen, surtout dans cette région où la montée du magma granitique, justifiée par les grands épanchements de microgranulite du sommet du Viséen, est venue se superposer à l'enfoncement géosynclinal pour aider au phénomène de refusion et le produire à faible profondeur.

Plusieurs arguments permettent de supposer que l'émersion définitive au Viséen a dû être accompagnée de mouvements relativement brusques : l'érosion d'une part se montre aussitôt très intense ; la taille des éléments remaniés est considérable ; des couches profondes sont mises au jour, puisque le granite lui-même et les roches métamorphisées se retrouvent en galets dans les poudingues, à côté du calcaire viséen de base ; l'activité des phénomènes volcaniques qui se

manifestaient dès le Famennien, paraît atteindre brusquement un paroxysme considérable, à en juger par l'extension des tufs microgranulitiques et des éruptions de microgranulites et de porphyres pétrosiliceux.

Le Viséen supérieur est partout représenté par de grandes accumulations de dépôts de projection, dont j'ai montré la relation intime avec les éruptions de microgranulites, au point de vue stratigraphique, pétrographique et chimique ; les tufs microgranulitiques existent, en effet, dans tout le Morvan et dans le Nord du Plateau Central ; on trouve, à leur base, quelques intercalations de grès, de schistes et de poudingues avec bancs d'anthracite, riches en plantes (Ménessaire, Lay). Leur origine reste incomplètement expliquée ; ils se sont accumulés sur de vastes étendues et sur de grandes épaisseurs, sans que l'on puisse dire exactement la part prise dans leur formation par l'action des eaux. Les discordances constatées entre eux et les terrains sous-jacents (ils sont, en certains points, superposés au granite) proviennent probablement des premières érosions viséennes.

Les éruptions de microgranulites s'intercalent dans les tufs microgranulitiques et ont continué après eux. Elles ont eu une importance particulièrement grande dans le Nord du Morvan où elles ont rempli un vaste synclinal entre Montigny-en-Morvan et Moux et dans le Nord du Plateau Central, où elles abondent, jouant avec les tufs, dans le synclinal qui forme le centre du faisceau de la Loire. Elles se sont terminées par des épanchements de porphyres pétrosiliceux, très développés aux environs de Montreuillon.

C'est à la fin de ce Viséen, en grande partie représenté par des dépôts et des formations éruptives, que se place la première et principale phase orogénique hercynienne dans la région étudiée.

Ainsi, l'histoire de la sédimentation dans la partie du géosynclinal hercynien qui fait l'objet de cet ouvrage, peut être résumée ainsi : antérieurement au Dévonien supérieur, c'est l'inconnu ; au Frasnien, les dépôts ont un faciès néritique et récifal ; au Famennien, l'enfoncement paraît s'accentuer, les dépôts sont bathyaux et, du même coup, leur épaisseur paraît plus grande au Dinantien, l'exondation du géosynclinal se dessine par de premières émersions à la base du Tournaisien et l'émersion définitive au milieu du Viséen ; les dépôts, accumulés dans les parties où la mer a séjourné ou est revenue, ont un faciès néritique ou de rivage.

Le métamorphisme granitique a cessé, en profondeur, au milieu du Dinantien, après les premières émersions, avant l'émersion définitive, c'est à-dire sous une très faible épaisseur de dépôts et par suite d'une ascension du magma granitique.

Après la phase géosynclinale, avant celle des phénomènes orogéniques, s'intercale une période de grande activité éruptive qui paraît la suite naturelle de l'ascension du magma granitique dont je viens de parler.

Le tableau suivant rend compte des transgressions et des régressions qui se sont produites dans les géosynclinaux et sur les continents entre le Frasnien et le Westphalien.

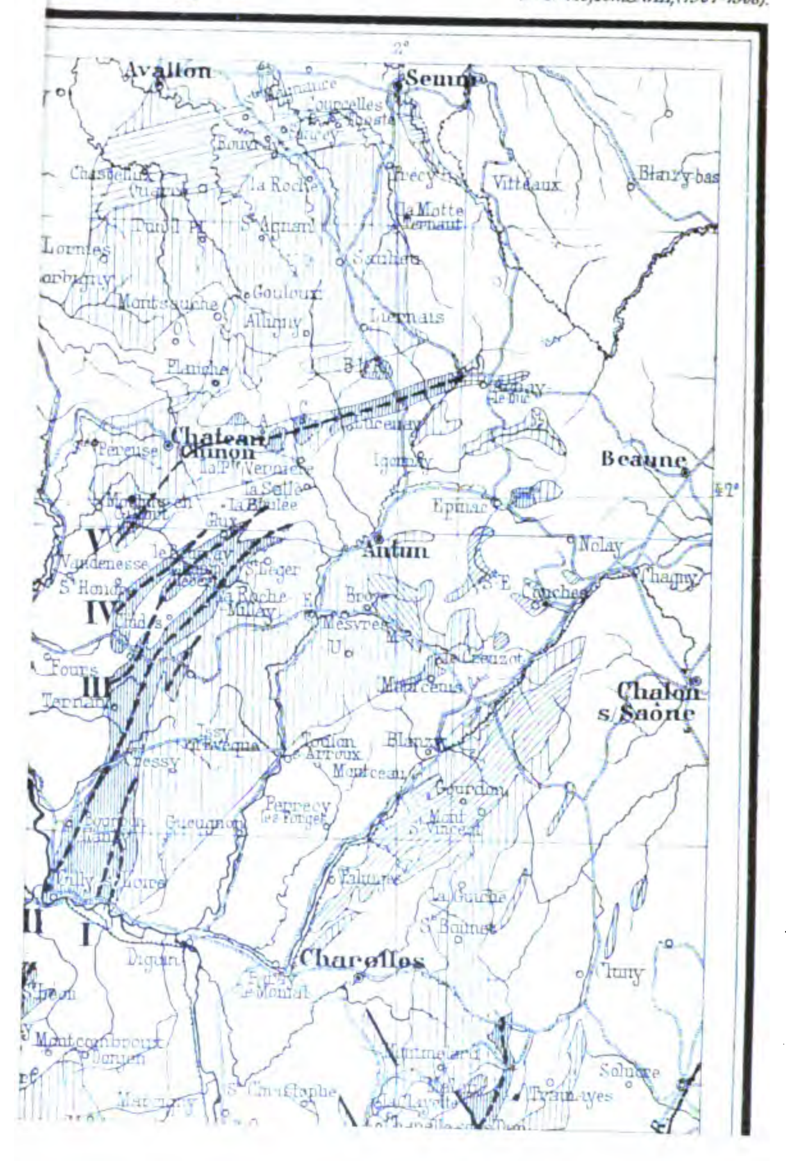
	Gs.	Ct.		
Frasnien	+	—		Néritique.
Famennien	+ +	— —		Bathyal (albitophyres et tufs au sommet).
Tournaisien inférieur	—	+	1res émersions	Poudingues (orthophyres et brèches).
Tournaisien supérieur et Viséen inférieur	+	—		Néritique.
Viséen moyen et supérieur.	—	+	2mes émersions	Grès et poudingues (tufs microgranulitiques et microgranulites).
Westphalien	— —	+ +	1ers grands mouvements hercyniens	(Microgranulites et porphyres pétrosiliceux).

Stéphanien et Permien. — Une érosion intense, une végétation luxuriante, caractéristiques du climat humide et chaud de l'époque stéphanienne, ont amené la formation de dépôts de cet âge dans certaines régions basses, en voie d'affaissement, de la chaîne hercynienne ; ces régions ont été de deux sortes : petits géosynclinaux nouveaux, à peu près parallèles aux axes directeurs hercyniens, préparés par les mouvements orogéniques eux-mêmes (bassins de Sincey, d'Autun, de Blanzy-Bert, de Ste Foix-l'Argentière) ; cluses étroites, transversales à ces axes hercyniens, dûes vraisemblablement aux mouvements épirogéniques (vallée d'Azergues, Dun), coïncidant avec les décrochements du système varisque.

Alors que le petit synclinal pincé de Sincey et les cluses de la vallée d'Azergues ne présentent que du Stéphanien (poudingues à éléments de granite, microgranulite et porphyre pétrosiliceux, arkoses et couches charbonneuses) et peuvent n'avoir été que des lacs fermés, les géosynclinaux d'Autun et de Blanzy-Bert ont admis l'Autunien et le Saxonien avec leurs dépôts lagunaires (poudingues à éléments granitiques, arkoses, schistes bitumineux, charbon).

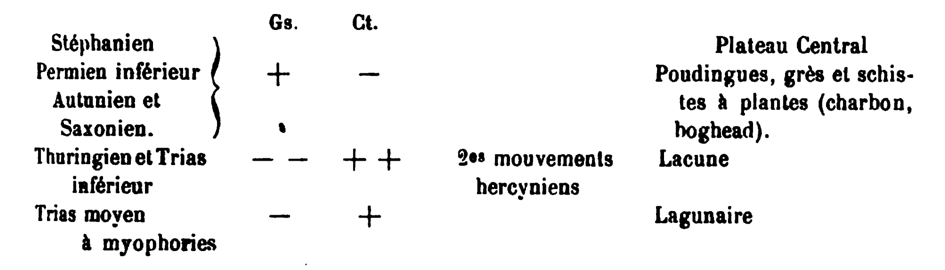
Ces deux derniers petits géosynclinaux paraissent s'être enfoncés avec une grande activité, malgré leur faible largeur; l'Autunien atteint en effet 900 m. d'épaisseur à Charmoy, au S. O. du Creusot ; certains forages du bassin d'Autun ont trouvé les schistes bitumineux à 800 m. de profondeur. L'étude des éruptions de roches lamprophyriques, d'apparence basaltique, en coulées et en dômes, distribuées en chapelet sur la bordure Nord du géosynclinal d'Autun et contemporaines de son enfoncement, rend plausible la comparaison de ce géosynclinal avec les fosses effondrées du type de celles en oval méditerranéen (Méditerranée occidentale, mer des Antilles), également caractérisées par leur profondeur et leur ceinture d'éruptions.

Postérieurement aux dépôts du Permien inférieur, se place une seconde phase orogénique hercynienne, moins intense que la première. La pénéplaine triasique, qui lui succède, a laissé des traces particulièrement nettes dans le Nord du Morvan (Avallon) ; elle coupe horizontalement, comme au couteau, une des coulées de lamprophyres du bord du bassin d'Autun (Morgelle).



Avallon
Semur
Courcelles
Chastellux
Quarré
la Roche
Vitteaux
Blaizy-bas
la Motte
Ternant
Saulieu
Lormes
Montsauche
Gouloux
Alligny
Liernais
Planche
Château Chinon
Arnay-le-Duc
Beaune
Epinac
Autun
Nolay
Chagny
S.t Léger
la Roche-Milliay
Mesvres
S.t Honoré
Couches
le Creuzot
Montceau
Fours
Ternant
Chalon s/Saône
Issy l'Évêque
Toulon s/Arroux
Blanzy
Montceau
Gourdon
Perrecy les Forges
Gueugnon
Mont S.t Vincent
Palinges
Digoin
S.t Bonnet
Charolles
Cluny
S.t Christophe
Solutré
V
IV
III
II
I
47°

On peut compléter le tableau précédent des transgressions et régressions, à la fin des temps primaires, de la manière suivante :



	Gs.	Ct.		Plateau Central
Stéphanien Permien inférieur Autunien et Saxonien.	+	—		Poudingues, grès et schistes à plantes (charbon, boghead).
Thuringien et Trias inférieur	— —	+ +	2es mouvements hercyniens	Lacune
Trias moyen à myophories	—	+		Lagunaire

Evolution des magmas éruptifs. — L'étude stratigraphique m'a permis, dans le Morvan, d'établir l'existence de plusieurs séries pétrographiques distinctes. Des éruptions famenniennes ont donné des albitophyres, accompagnés de tufs, contenant des débris organiques. Au Tournaisien, des orthophyres et des rhyolites, plus ou moins obsidienniques et perlitiques, sont venus au jour ; une formation considérable de brèches orthophyriques, épigénisées et silicifiées par les actions secondaires, s'est produite en même temps. L'intensité des phénomènes éruptifs ne cessant de s'accroître, les éruptions de microgranulites et de porphyres pétrosiliceux du Viséen ont couvert de leurs produits éruptifs et tuffacés des surfaces très grandes. Enfin les roches lamprophyriques du Permien inférieur (basaltes orthosiques et labradoriques épanchés sur la bordure Nord du bassin d'Autun, filons minces d'orthophyres micacés, si abondants au milieu de toutes les formations anciennes) sont les compléments naturels des roches acides précédentes.

Il ressort nettement de cette étude que la seule série pétrographique antérieure au granite et qui ne paraisse pas due à son influence, la série albitophyrique du Famennien, est persodique. Toutes les autres roches éruptives ou tuffacées, sauf les variétés endomorphes, sont mégapotassiques, comme le granite, et leur étude chimique permet de supposer qu'elles ont pris naissance grâce à la différenciation d'un seul magma granitique.

Tectonique. – L'étude tectonique détaillée conduit à distinguer trois faisceaux paléozoïques : celui du Morvan qui comprend cinq synclinaux hercyniens ; celui de Blanzy-Bert, en grande partie caché sous un vaste synclinal houiller et permien ; celui de la Loire, comprenant quatre synclinaux hercyniens. Ces trois faisceaux sont séparés par des massifs granitiques, correspondant à des aires anticlinales hercyniennes que l'érosion a aujourd'hui complètement décapées. Ce sont, du Nord au Sud : le granite de Luzy, celui du Charollais et celui du Beaujolais, prolongement de la chaîne du Pellerat.

Le faisceau de la Loire, comparé au faisceau du Morvan, présente une particularité qui frappe au premier regard, jeté sur une carte synthétique (fig. 50).

Les décrochements N. O., dûs principalement aux mouvements épirogéniques post-hercyniens et qui ont joué à nouveau lors des mouvements alpins, y appa-

raissent très considérables, de telle sorte que les bandes paléozoïques présentent sur la carte des contours brusquement zig-zagués. Le faisceau du Morvan, au contraire, quoique traversé par de nombreuses failles N.O ., montre des bandes paléozoïques très continues dans le sens de leur allongement ; les contre-coups des mouvements alpins n'y sont parvenus que très atténués, comme si le petit géosynclinal permien de Blanzy-Bert en avait amorti la transmission.

Les jeux combinés du métamorphisme, des plissements, des décrochements et de l'érosion ont donné des caractères particuliers à chacun des anticlinaux et synclinaux étudiés. Par exemple, dans l'anticlinal de Moulins-Engilbert, Château-Chinon, Manlay, au Nord du faisceau du Morvan, les formations sont réduites à l'état de lambeaux disloqués, isolés les uns des autres au milieu du granite qui les a largement digérés. Malgré la dislocation, il est aisé de suivre, dans le granite, l'axe dévonien bien aligné et entièrement transformé en diorites et cornes vertes.

Au contraire l'anticlinal de Diou au Mont Beuvray, très continu en bordure du granite, n'est profondément métamorphique qu'à sa partie Nord-Est, laissant apparaître encore, au Sud-Ouest, le Dévonien fossilifère.

Dans la Loire, l'enfoncement géosynclinal, antérieur aux plis hercyniens, paraît avoir été plus considérable ; tout le Dévonien et presque tout le Tournaisien sont constamment très métamorphiques, et le Viséen seul est encore fossilifère.

Diverses apparitions de gneiss, celles d'Avallon, de Marmagne sous le plâteau d'Antully, de Palinges au Sud du synclinal Blanzy-Bert, enfin les formations de gneiss et de micaschistes du Lyonnais au Sud du faisceau de la Loire, jalonnent les parties les plus profondes du grand géosynclinal qui a précédé les mouvements hercyniens.

Les granites, lentement élaborés au fond du géosynclinal, sont évidemment en contact avec les sédiments les plus modifiés, c'est-à-dire les gneiss ; au contraire, les granites qui se montrent actuellement à nous comme n'ayant eu, au moment de leur mise en place, qu'une mince couverture paléozoïque, incomplètement modifiée, sont souvent, à leur partie supérieure, transformés en microgranites et se sont élevés dans les fractures des parties faibles du géosynclinal primitif.

Ce sont précisément ces derniers granites dont le magma, encore fluide à faible profondeur, a donné naissance aux grandes éruptions microgranulitiques du Morvan et de la Loire.

Comparaison avec les régions limitrophes. — Il est peut-être utile de rechercher si dans les régions limitrophes du Plateau Central, à l'Ouest et à l'Est, les mêmes gradations se retrouvent dans le métamorphisme.

Les plis armoricains se prolongent en Vendée et en Bretagne et le croquis de la fig. 51, montre, avec évidence, que le faisceau synclinal de la Loire se poursuit vers le bassin d'Ancenis, comme l'a fait remarquer M. Michel-Lévy dès 1890 [68, p. 690, pl. XXII, f. 1]. Le faisceau Blanzy-Bert se suit vers l'Est par les affleurements de la Serre et le bassin de Ronchamp [2]. Si nous ajoutons, au Nord, à ces lignes directrices, celle des bassins houillers franco-belges et anglais,

nous aurons énuméré les seules assimilations certaines. Cependant elles emportent, par interpolation, un certain nombre de probabilités : ainsi le Morvan paraît devoir se prolonger par le bassin de Laval, à l'Ouest, et par un des synclinaux transversaux des Vosges à l'Est.

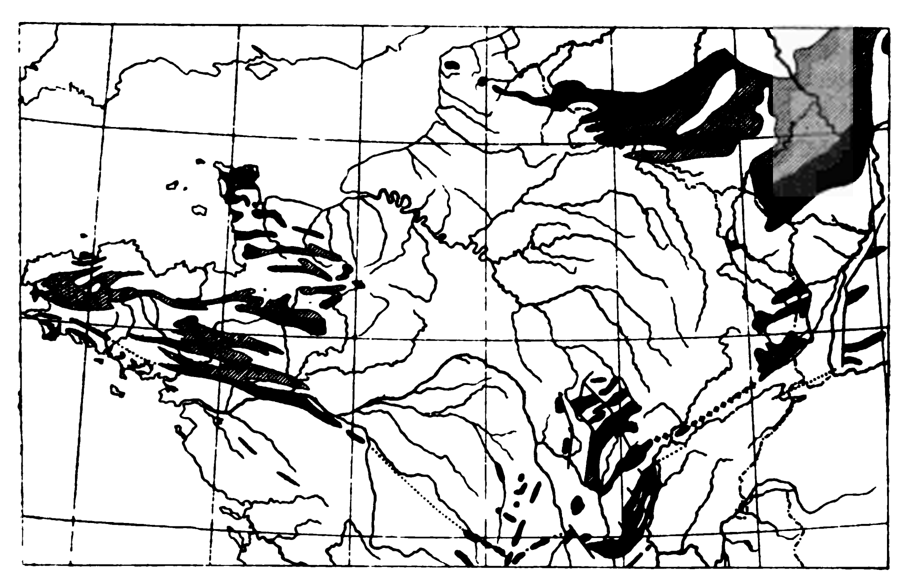
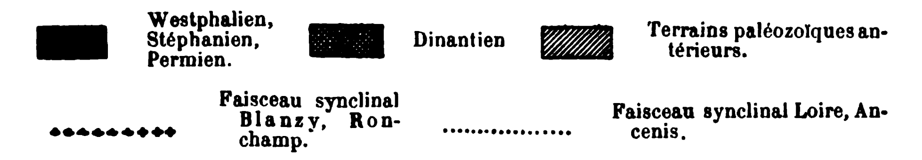


Fig. 51. — Prolongations des faisceaux synclinaux de Blanzy-Bert et de la Loire.



En *Armorique*, le métamorphisme intense qui a affecté dans le Sud de la Vendée tous les terrains paléozoïques, à l'exception du Stéphanien et de quelques pointements de marbre dévonien ou dinantien (calcaire de la Villedé [107]), correspond bien à celui qui se manifeste dans le Plateau Central, au Sud du faisceau synclinal de la Loire.

Mais dès le bassin d'Ancenis, le métamorphisme monte moins haut et laisse subsister des niveaux plus profonds que dans la Loire. Le Silurien, le Dévonien, y compris le Frasnien (calcaire de Cop-Choux) et le Famennien (schistes à *Dechenella* de St-Julien de Vouvantes [65]), s'y rencontrent. Le Dinantien (Viséen) y existe sous forme de schistes, de grauwackes, de psammites et de tufs orthophyriques. Il n'est nulle part calcaire.

Dans le bassin de Laval, les nombreux travaux de M. D. P. Oehlert ont montré l'existence du Silurien et du Dévonien inférieur et moyen, fossilifères ; par con-

tre, le Frasnien et le Famennien y sont absents; le Dinantien (Viséen) paraît transgressif sur le Dévonien moyen et débute par des grès et poudingues, au-dessus desquels se rencontrent les lentilles calcaires (souvent oolithiques) de Sablé, Changé, Bourgon, puis des schistes et des grès à anthracite, ou, comme au centre du bassin, de nouveaux calcaires (calcaire de Laval).

Dans les environs de Brest et dans le bassin de Châteaulin. M. Barrois a établi l'existence de la série complète, comprenant le Silurien et le Dévonien; les schistes, avec nodules de calcaire bitumineux à Cypridines et à Goniatites de Rostellec, représentent en effet le Famennien et il est intéressant de rencontrer, sur la prolongation du faisceau du Morvan, des schistes famenniens ressemblant en somme à ceux que j'ai découverts dans le Morvan. Le Dinantien s'y rencontre sous la forme de schistes ardoisiers avec lentilles calcaires, reposant sur un cordon de poudingues et de tufs orthophyriques. Les granites du Bassin de Châteaulin sont, en grande partie, dinantiens, d'après M. Barrois.

Dans le Cotentin, M. Bigot a démontré que le Silurien existe en entier, mais que le Dévonien est en lacune à partir du Coblentzien. Le Dinantien réapparaît en un point seulement, à Régneville, près Montmartin-sur-Mer, où il est calcaire. Il semble y avoir dans la région des contacts anormaux.

Les Vosges, situées au Nord du faisceau synclinal Blanzy-Bert, La Serre, Ronchamp, échappent aux lignes directrices de la Loire mais sont traversées par celles du Morvan. Le métamorphisme y a laissé subsister des témoins de terrains paléozoïques profonds, comme l'ont démontré les travaux de MM. Vélain, Kilian, Bleicher et Mieg, Tornquist. Le Silurien s'y trouve en galets à *Monograptus* dans le Trias du Donon [87]. De même, le Dévonien inférieur a fourni au grès vosgien des galets de quartzites à Spirifères, analogues à ceux du Hunsrück et du Taunus. Le Dévonien moyen a déposé des calcaires aux environs de Schirmeck, des arkoses dans la vallée de la Bruche, des schistes près de Chagey, à l'Ouest de Belfort. Le Dévonien supérieur y existe probablement: M. Vélain [54] signale des Goniatites dans un calcaire de Vackembach près du granite du Champ du Feu, dans la vallée de la Bruche.

Le Dinantien (à faune mélangée tournaisienne et viséenne) est formé par des grauwackes à végétaux (Bourbach), des schistes (Plancher), des tufs porphyritiques. Pas plus ici que dans les autres régions françaises, n'existe le faciès culm allemand à *Posidonia Becheri* (Hesse-Nassau).

Ainsi, le métamorphisme a atteint son action maximum dans le Plateau Central et plus particulièrement au Sud du faisceau synclinal de la Loire; le long des mêmes faisceaux synclinaux vers l'Ouest et vers l'Est, cette action est moindre. On peut en conclure que l'enfoncement géosynclinal a été particulièrement prononcé dans le Sud du Plateau Central, avant les premiers plissements hercyniens.

Au point de vue éruptif, on trouve dans le Massif Armoricain des tufs à la base du Viséen; mais on ne peut les assimiler avec les roches du Morvan, en particulier avec les tufs microgranulitiques; les filons de diabases ophitiques abondent dans la région profonde de la Bretagne occidentale (pays de racines d'après M. Barrois).

Dans les Vosges, au contraire, les porphyres bruns carbonifères d'E. de Beaumont rappellent les tufs orthophyriques du Morvan.

Mais aucune de ces régions limitrophes ne présente de masses d'éruptions microgranulitiques comparables à celles du Morvan et de la Loire.

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher ces constatations, métamorphisme maximum ante-hercynien (c'est-à-dire enfoncement géosynclinal maximum) et activité éruptive hercynienne particulièrement intense, dans le Morvan et dans la Loire, de ce fait que le Plateau Central est la région de rebroussement des plis armoricovarisques. La grande écharpe houillère qui va de Noyant à Champagnac est l'axe de ce rebroussement (ou de cette conjonction, *Schaarung* de M. Suess). C'est une région faible de l'écorce terrestre, qui l'est restée pendant les temps tertiaires (éruptions du Cantal, du Mont Dore et de la Chaîne des Puys) et jusqu'à notre époque (degré géothermique très élevé)

FIN

BIBLIOGRAPHIE

1. — 1840. **Rozet**. — Dévonien à Diou et à St-Léon. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1re sér., XI, p. 256-257, Paris.
2. — 1841. **Dufrenoy et E. de Beaumont**. — Explication de la Carte géologique de la France. 2 vol. in-4°. I, 825 p. 1 carte, II, 813 p., Paris.
3. — 1844. **Manès**. — Mémoire sur les bassins houillers de Saône-et-Loire. *Et. gîtes min.* 1 vol. in-4°, 166 p. 1 atl., Paris.
4. — 1844. **Boulanger**. — Statistique géologique et minéralurgique du département de l'Allier. 1 vol. in-12, 1 carte, Moulins.
5. — 1845. **D. de Charmasse**. — Sur l'âge des roches porphyriques du Morvan. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2e sér., II, p. 750-754, Paris.
6. — 1847. **W. Manès**. — Statistique minéralogique, géologique et minéralurgique du département de Saône-et-Loire, Mâcon.
7. — 1851. **I. R. Murschison**. — On the slaty Rocks of the Sichon shown to be of carboniferous age and on the origin of the mineral springs of Vichy. *Quart. Journ. of the Geol. Soc.*, VII, p. 13-18 et p. 76-84, Londres.
8. — 1852. **G. de Nerville**. — Sur le terrain houiller de Sincey (Côte-d'Or), *Ann. Mines*, 5e sér., I, p. 127-167, pl. II, Paris.
9. — 1855. **J. Fournet**. — Etudes sur l'extension des terrains houillers en France, 1 vol. in-8°, 312 p., 8 pl., App. 168 p., Lyon.
10. — 1857. **L. Grüner**. — Description géologique et minéralogique du département de la Loire, 1 vol. in-8°, 778 p., 1 pl., Paris.
11. — 1865. **Jordan**. — Rapport man. sur la concession de St-Aubin et Gilly (minerai de fer), *Serv. Mines*, Châlons.
12. — 1873. **J. J. Collenot**. — Description géologique de l'Auxois, 1 vol. in-8°, 660 p., Semur.
13. — 1873. **Michel-Lévy**. — Note sur les roches porphyriques du terrain anthracifère, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., II, p. 24-26, Paris.
14. — 1873. **Michel-Lévy**. Note sur quelques roches analogues aux porphyres granitoïdes de la Loire, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., II, p. 60-68, Paris.
15. — 1874. **A. Julien**. — Sur une faune carbonifère marine découverte aux environs de l'Ardoisière dans la vallée du Sichon (Forez), *C. R. Ac. Sc.* 5 janv. 1874.
16. — 1874. **Michel-Lévy**. — Note sur une classe de roches éruptives intermédiaire entre les granites porphyroïdes et les porphyres granitoïdes. Groupe des Granulites, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., II, p. 177-188, Paris.
17. — 1874. **Michel-Lévy et Douvillé**. — Note sur les granulites et les porphyres quartzifères des environs d'Avallon (Yonne), *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., II, p. 189-197, Paris.
18. — 1875. **Michel-Lévy**. — De quelques caractères microscopiques des roches ancien-

nes acides, considérées dans leurs relations avec l'âge des éruptions, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., III, p. 199-236, pl. IV. V, Paris.

19. — 1875. **Michel-Lévy.** — Mémoire sur les divers modes de structure des roches éruptives étudiées au microscope au moyen de plaques minces, *Ann. Mines*, 7e sér., VIII, p. 337-438, pl. VIII-XII, Paris.

20. — 1876. **Delafond.** — Sur les terrains porphyrique, houiller et permien de l'Autunois, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., IV, p. 724-729, pl. XX, Paris.

21. — 1876. **Michel-Lévy.** — Réponse à la note de M. Delafond sur les terrains porphyrique, houiller et permien de l'Autunois et observations sur la roche verte des environs de Cussy-en-Morvan, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., IV, p. 729-735, Paris.

22. — 1876. **Michel Lévy.** — Note sur les roches éruptives vues par la Société dans sa course du 30 août 1876 *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., IV, p. 749-755, Paris.

23. — 1876. **Michel-Lévy.** — Notes sur divers états globulaires de la silice, *Bull. Soc. géol. Fr*, 3e sér., V, p. 140-148, pl. II, Paris.

24. — 1877. **Michel-Lévy et Ch. Vélain.** — Sur les failles du revers occidental du Morvan, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., V, p. 350-363, Paris.

25. — 1879. **Delafond.** — Excursion à Vandenesse et à Saint-Honoré, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII p. 929-930, Paris.

26. — 1879. **F. Fouqué et A. Michel-Lévy.** — Minéralogie micrographique, roches éruptives françaises. *Mém. explic. Carte géol. Fr.*, 1 vol. in-4o, 509 p., 1 atl. 55 pl., Paris.

27. — 1879. **Michel-Lévy.** — Aperçu général sur la constitution du Morvau. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 758-766, Paris.

28. — 1879. **Michel-Lévy.** — Course de Semur à Saulieu, par la Motte-Ternant. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 848-857, Paris.

29. — 1879. **Michel-Lévy.** — Note sur la formation gneissique du Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 857-871, Paris.

30. — 1879. **Michel-Lévy.** — Note sur les porphyrites micacées du Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 873-883, Paris.

31. — 1879. **Michel-Lévy et Vélain.** — Note sur les lambeaux de Lias surélevés du Morvan et sur les soulèvements successifs de cette région. *Bull. Soc géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 901-906, pl. XXI, Paris.

32. — 1879. **Michel-Lévy.** Course du 25 août Traversée Est-Ouest du Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 906-909, Paris,

33. — 1879. **Michel-Lévy.** — Note sur le terrain houiller des environs de Montreuillon, le long de la bordure occidentale du Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., VII, p. 914-919, Paris.

34. — 1879. **Michel-Lévy.** — Course du 25 août (de Saint-Honoré à Luzy). *Bull. Soc. géol. Fr*, 3e sér., VII, p. 937-942, Paris

35. — 1880. **Delafond et Michel-Lévy.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 137, Châlons-sur-Saône, Paris.

36. — 1881. **A. Julien.** — Sur le terrain dévonien de Diou (Allier) et de Gilly (Saône-et-Loire). *C. R. Ac. Sc.* XCII, p. 891, Paris.

37. — 1881. **A. Julien.** — Sur l'existence du terrain cambrien à St-Léon et Châtel-Perron (Allier). *C. R. Ac. Sc.*, 30 mai 1881, Paris.

38. — 1881. **Michel Lévy.** — Sur les schistes micacés des environs de Saint-Léon (Allier). *Bull. Soc. géol. Fr.*, IX, p. 181-211, Paris.

39. — 1881. **Michel-Lévy et Delafond.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 136, Autun, Paris.

40. — 1881. **Michel-Lévy et Ch. Vélain.** — Notes et comptes-rendus d'excursions. *Réunion extraord. de la Soc. géol. de Fr.* à Semur-en-Auxois. 1 vol. in-4°, 131 p., Atl. 7 pl., Paris.

41. — 1882. **F. Fouqué et Michel-Lévy.** — Synthèse des minéraux et des roches. 1 vol. in-8°, 423 p., 1 pl., Paris.

42. — 1882. **L. Grüner.** — Bassin houiller de la Loire. *Et. Gîtes min. Fr.*, 1 vol. in-4°, 235 p., 1 atl.. Paris.

43. — 1883. **Michel-Lévy.** — Sur les roches éruptives basiques cambriennes du Mâconnais et du Beaujolais. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XI, p. 273-302, Paris.

44. — 1884. **A. Lacroix.** — Sur la barytine (Volnyne) de Chizeuil (Saône-et-Loire). *Bull. Soc minér. Fr.*, VII, p. 174-176, Paris.

45. — 1885. **Delafond et Michel-Lévy.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 148, Mâcon, Paris.

46. — 1885. **A. Julien.** — Note sur le terrain carbonifère du Morvan, suivie de quelques observations relativement aux espèces fossiles qui y ont été recueillies par L. G de Koninck. *Bull. Ac. roy. Belgique,* 3e sér., IX, n° 5, Bruxelles.

47. — 1885. **Stanislas Meunier.** — Existence du calcaire à Fusulines dans le Morvan. *C. R. Ac. Sc.*, C., p. 921-923, Paris.

48. — 1885. **Michel-Lévy et Vélain.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 111, Avallon, Paris.

49. — 1885. **A. Koenen.** — Ueber Clymenienkalk und Mitteldevon resp. Hercynkalk, bei Montpellier. *Neues Jahrb. f. Min. Géol. u. Pal.*, I, p. 163-167, Stuttgart.

50. — 1887. **F. Frech.** - Die paläozoischen Bildungen von Cabrières (Languedoc). *Zeitsch d. deut. geol. Ges.*, XXXIX, p. 360-488, pl. XXIV, Berlin.

51. — 1887. **Michel-Lévy.** — Sur l'origine des terrains cristallins primitifs. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XVI, p. 102-113, Paris.

52. — 1887. **Michel-Lévy.** — Sur les roches éruptives et cristallines des montagnes du Lyonnais. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XVI, p. 216-228, Paris.

53. — 1887. **Michel-Lévy, Vélain et Delafond.** — Carte géol. dét. 80 000e, f. 124, Château-Chinon, Paris.

54. — 1887. **Ch. Vélain.** — Le Carbonifère dans la région des Vosges. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XV, p. 703-718, pl. XXV, Paris.

55. — 1888. **E. Dagincourt et De Launay.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 135, St-Pierre, Paris.

56. — 1888. **J. Gosselet.** — L'Ardenne. *Mém. explic. Carte géol. dét. Fr.*, 1 vol. in-4°, 881 p., 24 pl. dans le texte, 11 pl. hors texte, 1 carte, Paris.

57. — 1888. **De Launay.** — Les dislocations du terrain primitif dans le Nord du Plateau Central. *C. R. Ac Sc.*, CVII, p. 961-963, Paris.

58. — 1888. **De Launay.** — Réunion extraordinaire de la Société géologique dans l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér , XVI, p. 1045-1100, 1 pl , Paris.

59. — 1888. **De Launay.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 146, Moulins, Paris.

60. — 1888. **Stanislas Meunier.** — Examen paléontologique du calcaire à Saccamina de Cussy-en-Morvan. *Soc. Hist nat. Autun*, I, p. 232-236, pl. VII, Autun.

61. — 1889. **Delafond et Michel-Lévy.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 159, Bourg, Paris.
62. — 1889. **Le Verrier.** Carte géol. dét. 80.000e, f. 167, Montbrison, Paris.
63. — 1889. **Michel-Lévy, Delafond et Renault.** — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac. *Et. Gîtes minér.*, Fasc. I, Stratig., 112 p., 1 pl., 1 carte, Paris.
64. — 1889. **B. Renault.** — Excursion faite à Anost le 23 sept. 1888. *Bull. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 499-502, Autun.
65. — 1890. **E. et L. Bureau.** — Carte géol. dét. Fr. 80.000e, f. 105, Ancenis, Paris.
66. — 1890. **A. Julien.** — Résultats généraux d'une étude d'ensemble du Carbonifère marin du Plateau Central. *C. R. Ac. Sc.*, CX, p. 736-738, Paris.
67. — 1890. **Le Verrier.** — Note sur les formations géologiques du Forez et du Roannais. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, II, n° 15, 68 p., 4 pl., Paris.
68. — 1890. **Michel-Lévy.** — Situation stratigraphique des régions volcaniques de l'Auvergne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XVIII, p. 688-695, pl. XXII, Paris.
69. — 1890. **Michel-Lévy.** — Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 9, 26 p., 3 pl., Paris.
70. — 1890. **Michel-Lévy et Delafond.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 168, Lyon, Paris.
71. — 1890. **Termier et Fontannes.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 177, St Etienne, Paris.
72. — 1892. **Stanislas Meunier.** — Etude micrographique sur le calcaire à Saccamina de Cussy-en-Morvan. *Le Naturaliste*, p. 192, 193, 10 fig., Paris.
73. — 1892. **Michel-Lévy et Delafond.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 147, Charolles, Paris.
74. — 1893. **Le Verrier.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 158, Roanne, Paris.
75. — 1893. **Michel-Lévy.** — Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, V, n° 36, 41 p., 5 pl., Paris.
76. — 1894. **De Grossouvre, Busquet et de Launay.** — Carte géol. dét. 80 000e, f. 123, Nevers, Paris.
77. — 1894. **De Launay.** — Carte géol. dét. 80 000e, f. 157, Gannat, Paris.
78. — 1894. **De Launay.** — Sur la relation des sources thermales de Néris et d'Evaux avec les dislocations anciennes du Plateau Central. *C. R. Ac. Sc.*, CXX, p. 1288-1291, Paris.
79. — 1896. **A. Julien.** — Le terrain carbonifère marin de la France centrale, 1 vol in 4°, 303 p., 17 pl., Paris.
80. — 1896. **Michel-Lévy.** — Etude pétrographique des albitophyres du bassin de Laval. *C. R. Ac. Sc.*, CXXII, p. 264-266, Paris.
81. — 1896. **Michel-Lévy.** — Sur les sondages profonds de Charmoy (Creusot) et de Macholles près Riom (Limagne). *C. R. Ac. Sc.*, CXXII, p. 1503-1506, Paris.
82. — 1896. **D. P. Oehlert.** — Sur le gisement de quelques roches éruptives et métamorphiques du bassin de Laval. *C. R. Ac. Sc.*, CXXII, p. 263-264, Paris.
83. — 1896. **J. B. Renault.** — Bassin houillier et permien d'Autun et d'Epinac. *Et. Gîtes minér.*, Fasc. IV, Flore fossile, 578 p., 1 pl., atl., 89 pl., Paris.
84. — 1897. **Michel-Lévy.** — Classification des magmas des roches éruptives. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., XXV, p. 326-377, pl. X-XII, Paris.

85. — 1897. **A. Tornquist.** — Das fossilführende Untercarbon am östlichen Rossbergmassiv in den Südvogesen. *Abhand. zur geol. Specialkarte v. Els. Lothringen*, V, p. 377-321, pl. XIV-XXII, Strasbourg.

86. — 1898. **Ch. Barrois.** — Des relations des mers dévoniennes de Bretagne avec celles des Ardennes. *Ann. Soc. géol. Nord*, XXVII, p. 231-259, Lille.

87. — 1898. **Bleicher.** — Sur la découverte de graptolithes dans les poudingues du grès vosgien des environs de Raon-l'Etape (Vosges). *C. R. Ac. Sc.* CXXVII, p. 1235-1237, Paris.

88. — 1898. **E. Haug.** — Etude sur les Goniatites. *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléont.* 1 vol. in-4°, n° 18, 112 p., 2 tabl., 1 pl., Paris.

89. — 1898. **Michel-Lévy.** — Sur un nouveau mode de coordination des diagrammes représentant les magmas des roches éruptives. *Bull. Soc. géol. Fr.* 3e sér. XXVI, 19 p., pl. III-VII, Paris.

90. — 1898. **Michel-Lévy, Delafond, Collot.** — Carte géol. dét. 80.000e, f. 125, Beaune, Paris.

91. — 1899. **Michel-Lévy.** — Le Morvan et ses attaches avec le Massif Central. *Ann. géogr.*, VII, p. 404-428, 1898 et VIII, p. 1-21, 1899, Paris.

92. — 1900. **A. Lacroix.** — Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 2 mém., X, n° 64, 68 p , 3 pl. 1898, XI, n° 71, 38 p., 5 pl., 1 carte, 1900, Paris.

93. — 1901. **De Launay.** — Le décrochement quartzeux d'Evaux et Saint-Maurice. (Creuse). *C. R. Ac. Sc.*, CXXXIII, p. 1258-1260, Paris.

94. — 1901. **A. Vaffier.** — Etude géologique et paléontologique du Carbonifère inférieur du Mâconnais. *Ann. Univ. Lyon*, 2e sér., 1 vol. in-8°, 166 p., 12 pl., Lyon.

95. — 1902. **Ch. Barrois.** — Sur les Foraminifères des phtanites carbonifères du Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, XXXI, p. 40-42, Lille.

96. — 1902. **Delafond.** — Bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot. *Et. Gîtes min. Fr.*, Fasc. I, 125 p., Paris.

97. — 1902. **De Launay.** — Les roches éruptives carbonifères de la Creuse. *C. R. Ac. Sc.*, CXXXIV, p. 1075-1077, Paris.

98. — 1902. **De Launay.** — Etudes sur le Plateau Central. *Bull. Carte géol. Fr.*, n° 30, La vallée du Cher dans la région de Montluçon, 40 p., 6 pl., 1892. n° 46, Le Massif de Saint-Saulge et ses relations avec le terrain houiller de Decize, 24 p., 4 pl., 1895. n° 83, Les Roches éruptives carbonifères de la Creuse, 120 p., 2 pl., Paris.

99. — 1902. **De Launay.** Carte géol. dét. Fr. 80.000e, f. 156, Aubusson, Paris.

100. — 1903. **Michel-Lévy.** — Contribution à l'étude des magmas chimiques dans les principales séries volcaniques françaises. Application de la nouvelle classification quantitative américaine. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XIV, n° 92, 32 p., 12 tabl., Paris.

101. — 1903. **Michel-Lévy.** — Contribution à l'étude des magmas chimiques dans les principales séries éruptives françaises, paramètres magmatiques. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XV, n° 96, 21 p., Paris.

102. — 1904. **Michel-Lévy.** — Etude sur la détermination des Feldspaths dans les plaques minces. 3 Fasc. in-8°, I, 71 p., 8 pl., 1894, II, 109 p., 13 pl., 1896, III, 16 p., 4 pl., 1904, Paris.

103. — 1905. **H. Beclère.** — Le Radium et la Radio-activité dans l'Autunois. *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 90-96, Autun.

104. — 1905. **J. Danne.** — Les gisements radifères d'Issy-l'Evêque. *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 96-103, Autun.
105. — 1905. **Albert Michel-Lévy.** — Sur l'existence des couches à Clyménies dans le Plateau Central (Morvan). *C. R. Ac. Sc*, CXLI, p. 692-693, Paris.
106. — 1905. **Albert Michel-Lévy.** — Révision de la feuille d'Autun au 80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, c. r. Collab. 1904, XVI, n° 105, p. 52-53, Paris.
107. — 1905. **J. Welsch.** — Etude des terrains du Poitou, dans le détroit poitevin et sur les bords du Massif ancien de la Gatine. *Bull. Soc. géol Fr*, III, p. 785-1026, pl. XXIV-XXVIII, Paris, 1903-1905.
108 — 1906. **J. Camusat.** — Excursion au Creusot et à Grisy. Sources thermales de Grisy et exploitations d Uranite des Riaux (commune de St-Symphorien de Marmagne). *C. R. Soc. Hist nat. Autun*, p. 281-319, Autun.
109. — 1906. **De Chaignon.** — Environs de Grury et d'Issy-l'Evêque. *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 230-241, Autun.
110. — 1906. **H. Marlot.** — Note sur le filon de pyromorphite de St-Didier sur-Arroux. *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 41-42, Autun.
111. — 1906. **H. Marlot.** — Note sur le filon de plomb de Jouvrain, commune de la Grande-Verrière (Saône-et Loire). *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 74-76, Autun.
112. — 1906. **H. Marlot.** — Quelques observations sur la radio-activité dans l'Autunois. *C. R. Soc. Hist. nat. Autun*, p. 171-174, Autun.
113. — 1906. **Albert Michel-Lévy.** — Révision de la feuille d'Autun au 80.000e *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, c. r. Collab. 1905, XVI, n° 110, p. 72-73, Paris.
114 — 1907. **L. Bertrand.** — Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XVII, n° 118, 179 p, 5 pl., Paris.
115. — 1907. **P. Lemoine et Albert Michel-Lévy.** — Révision des terrains tertiaires du bord occidental du Morvan. *Bull. Serv Carte géol. Fr.*, c. r. Collab. 1907, XVIII, n° 119, p. 51-59. Paris.
116. — 1907. **H. Marlot.** — Les gisements français d'Autunite. *P. V. Soc. Hist. nat. Autun.*
117. — 1907. **H. Marlot.** — Nontronite de la Gravetière-sous-Uchon. Gisements de minéraux perdus et à retrouver. *P. V. Soc. Hist. nat. Autun.*
118. — 1907. **Michel-Lévy.** — Sur l'existence de paramètres capables de caractériser les magmas d'une famille de roches éruptives. *C. R Ac. Sc.*, CXLIV, p. 598 604, Paris.
119. — 1907. **Albert Michel-Lévy.** — Note sur les terrains paléozoïques de la bordure orientale du Plateau Central, *C. R. Ac. Sc.* CXLIV, p. 287-289, Paris.
120. — 1907. **Albert Michel-Lévy.** — Révision de la feuille d'Autun au 80 000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, c r. Collab. 1906, XVII, n° 115, p. 73-76, Paris.
121. — 1908. **Albert Michel-Lévy.** — Terrains primaires du Morvan et de la Loire. *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI, p. 430-432, Paris.
122. — 1908. **Albert Michel-Lévy.** — Métamorphisme et tectonique des terrains paléozoïques du Morvan et de la Loire, *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI, p. 549-551, Paris.
123. — 1908. **Ch. Moureu et R. Biquard.** — Nouvelles recherches sur les gaz rares des eaux thermales. Débits gazeux de quelques sources. *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI. p. 435-437, Paris.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I. — Photographies de plaques minces de Foraminifères.

Pages

Fig. 1. — Calcaire pisolithique viséen de Montagny (Loire) ; pisolithes formés autour de Foraminiferes en débris (*Endothyra*). 18 diam. 180
Fig. 2. — *Saccamina* sp. calcaire de Cussy-en-Morvan. 25 diam 180
Fig. 3. — *Trochammina* sp. calcaire au pont d'Aveize, près Montagny (Loire). 18 diam. 181
Fig. 4. — *Valvulina* sp. section longitudinale, calcaire de St-Germain-Laval (Loire). 22 diam. 181
Fig. 5. — *Cribrospira* sp. section diamétrale, calcaire de Cussy-en-Morvan. 28 diam. 181
Fig. 6*a*. — *Endothyra* aff. *Bowmani* Phill. section diamétrale, calcaire de Néronde (Loire). 22 diam. 181
6*b*. — *Endothyra* aff. *Bowmani*, Phill. section diamétrale, montrant les loges initiales, calcaire du Pont d'Aveize, près Montagny (Loire). 18 diam 181
6*c*. — *Endothyra* sp. petite espèce à nombreuses loges. Section diamétrale, calcaire de Néronde. 34 diam. 181
6*d*. — *Endothyra*, sp. calcaire du Pont d'Aveize. 18 diam 181
6*e*. — *Endothyra* aff. *crassa* Brady. section transversale, calcaire de Cussy-en-Morvan. 18 diam. 181
6*f*. — *Endothyra* aff. *Bowmani* Phill., section transversale, calcaire du Pont d'Aveize. 18 diam. 181
6*g*. — *Endothyra* sp. à nombreuses loges, section transversale, calcaire de Néronde. 22 diam. 181
Fig. 7. — Bryozoaire ? section longitudinale, calcaire de Cussy-en-Morvan. 25 diam. 181
Fig. 8. — Tige d'encrine, section transversale, calcaire de Cussy-en-Morvan ; montrant l'organisation cellulaire, radiale et concentrique. 25 diam. 181

PLANCHE II. — Trilobites.

Fig. 1. — *Phacops* cf. *fecundus* Barr., mut. *supradevonica* Frech., calcaire frasnien de Diou (Allier) 184
1*a*. — Tête (empreinte interne). 1 1/2 diam 184
1*b*. — Tête (empreinte interne, autre individu), 2 diam. 184
1*c*. — Tête (empreinte interne), vue de côté, 1 1/2 diam 184
1*d*. — Pygidium (empreinte interne) 1 1/2 diam 184
Fig. 2. — *Phacops* aff. *cryptophtalmus* Emm., schistes famenniens du Moulin-du-Roi près Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire) 186
2*a*. — Tête (empreinte interne) 186
2*b*. — Thorax et pygidium (moule de l'empreinte externe). 186

PLANCHE III. — Goniatites et Clyménies.

PLANCHE IV

PLANCHE V

Carte au 80 000ᵉ de la région Sud-Ouest du Morvan.
Cartes au 50.000ᵉ des régions fossilifères du Famennien et du Tournaisien.

PLANCHE VI

Carte au 320.000ᵉ du Morvan et de la Loire.

PLANCHE VII

Coupes I à XI du Morvan.
Coupe d'ensemble du Morvan et de la Loire.

TABLE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

LAVAL. — IMPRIMERIE L. BARNÉOUD & Cie.
489

2

6a

6b

6c

6f

6e

6d

69

3

8

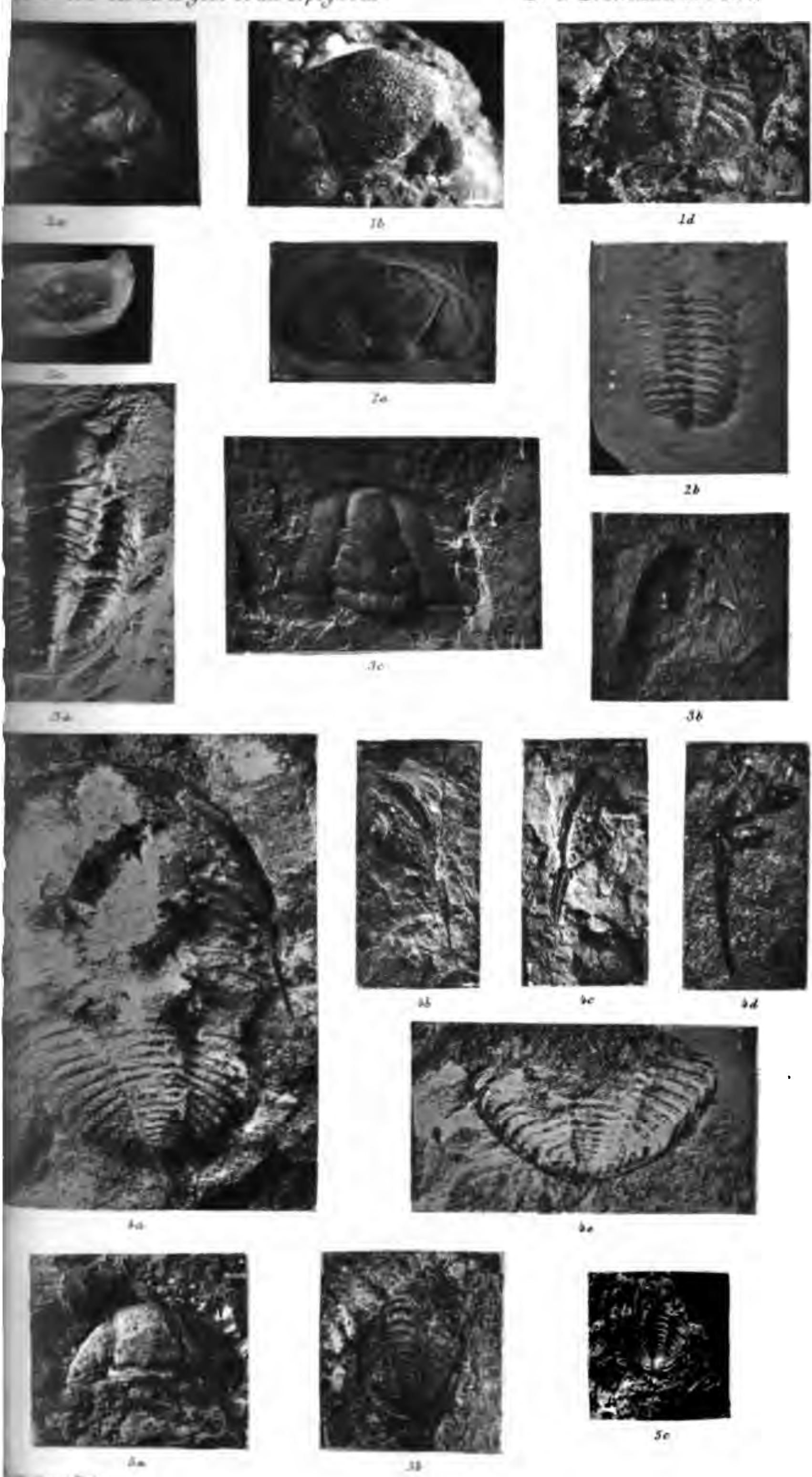
4

7

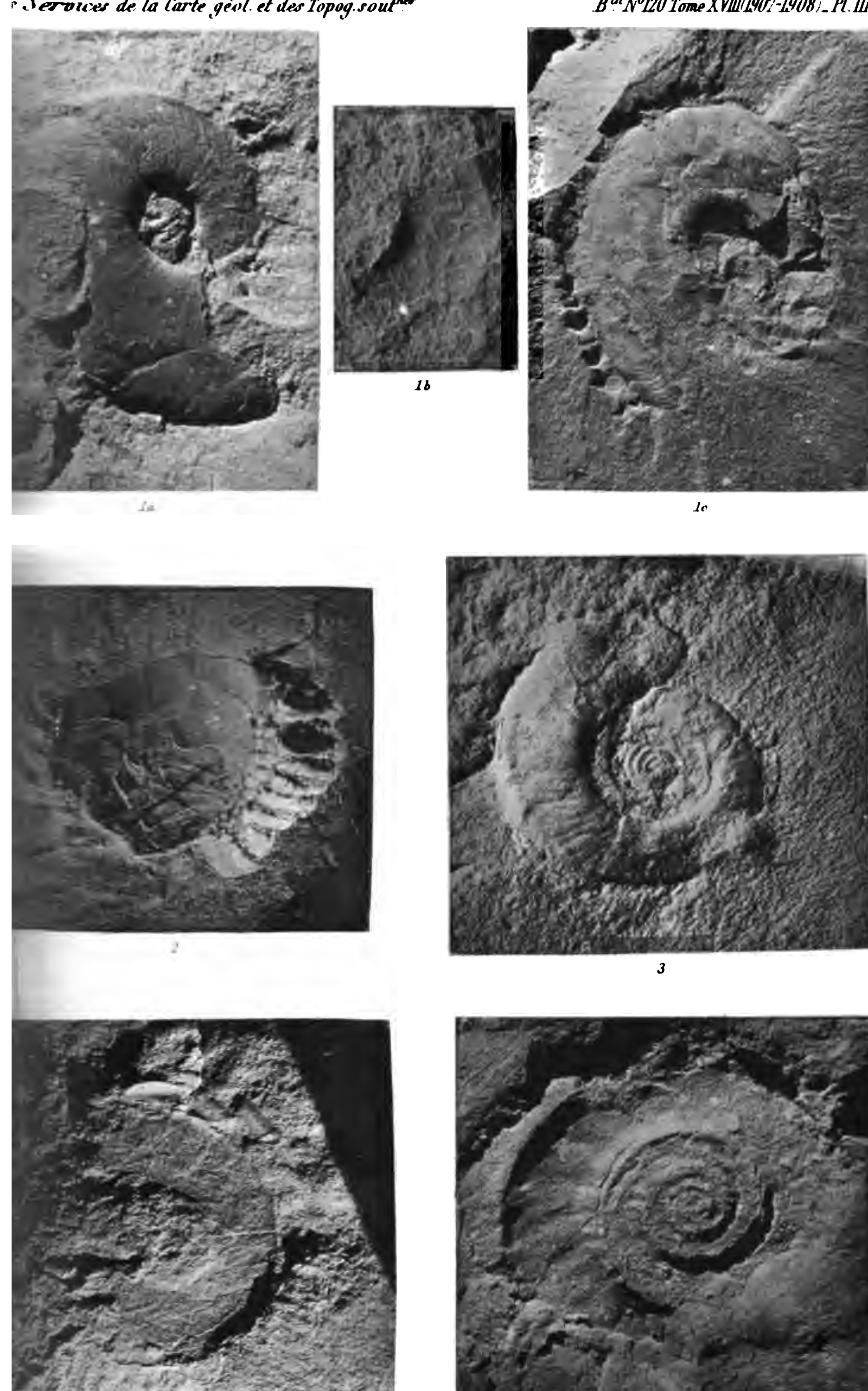
1

5

... Schutzenberger Paris



…ondorge Paris



1a 1b 1c

2 3

4 5



3 b

4 c

4 a

3 a

5

4 b

1 a

2 b

1 b

2 a

...enberger Jena



